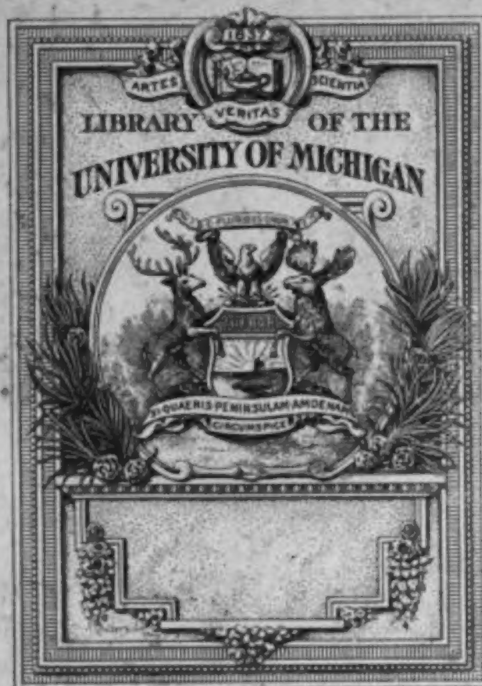
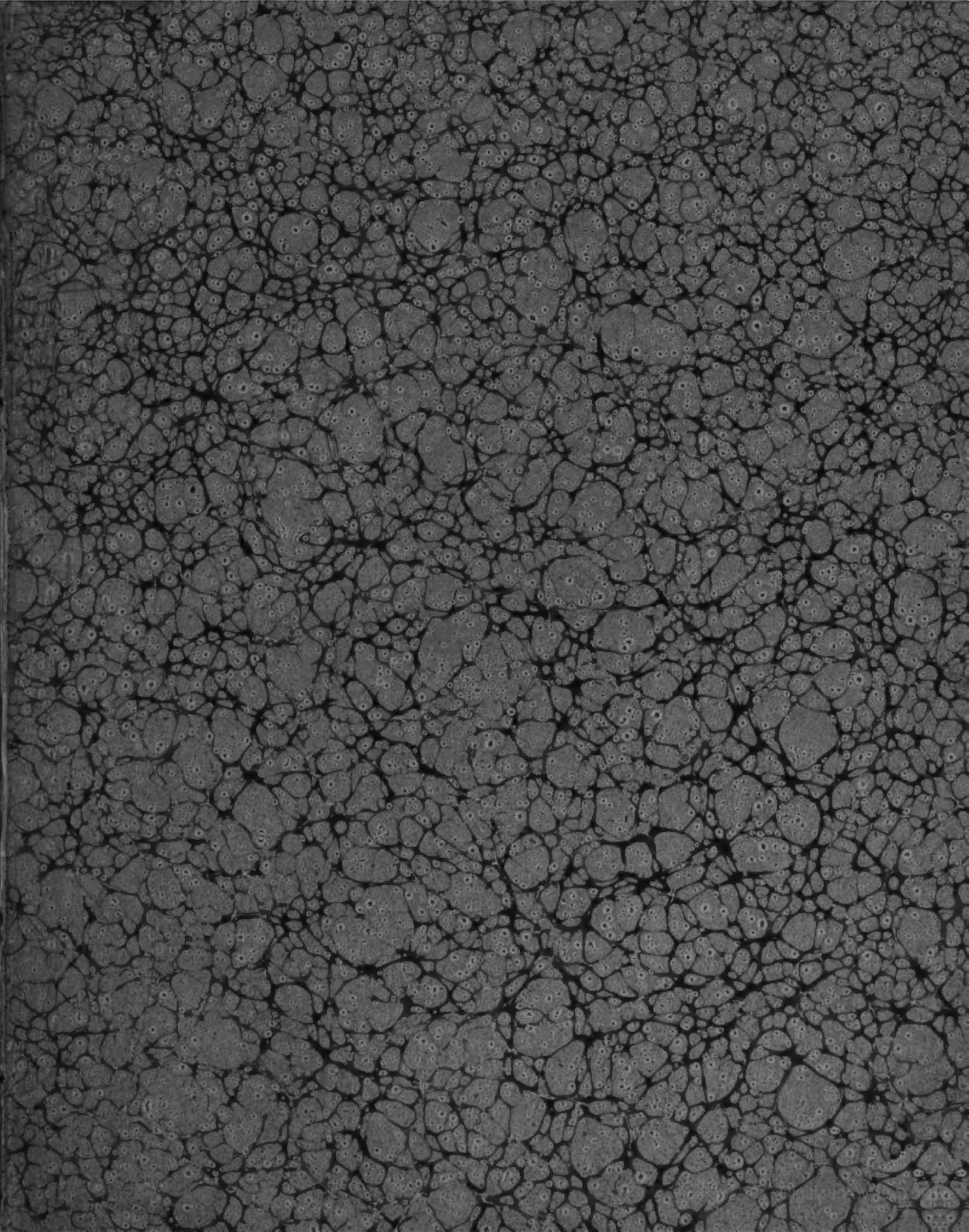

1837
ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE



COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

IMPRIMERIE DE BACHELIER,
rue du Jardinet, 12.

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

PUBLIÉS

CONFORMÉMENT A UNE DÉCISION DE L'ACADÉMIE

En date du 13 Juillet 1835,

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

TOME ONZIÈME.

JUILLET—DÉCEMBRE 1840.

PARIS,

BACHELIER, IMPRIMEUR-LIBRAIRE,

QUAI DES AUGUSTINS, N° 55.

1841

COMPTE RENDU

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 6 JUILLET 1840.

PRÉSIDENCE DE M. PONCELET.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'intégration des équations différentielles ou aux différences partielles; par* M. AUGUSTIN CAUCHY.

« En suivant la méthode que j'ai publiée en 1835, et que j'ai rappelée dans le Mémoire présenté lundi dernier à l'Académie, on ramène l'intégration d'un système d'équations différentielles d'un ordre quelconque à l'intégration d'une seule équation linéaire du premier ordre aux différences partielles. Par conséquent cette méthode a l'avantage de rendre utiles, pour l'intégration des systèmes d'équations différentielles, les théorèmes relatifs à l'intégration des équations linéaires. Or, parmi ces théorèmes il en existe un qui mérite surtout d'être remarqué. Ce théorème, appliqué à une équation aux différences partielles qui ne renferme que des termes proportionnels à la variable principale et à ses dérivées du premier ordre, sert à passer immédiatement de l'intégrale générale d'une semblable équation à l'intégrale d'une équation qui renfermerait de plus un terme représenté par une fonction des variables indépendantes. J'ai fait voir que la seconde

intégrale se déduit toujours de la première à l'aide d'une seule intégration définie qui, dans les problèmes de mécanique, est relative au temps. J'ai ajouté que le même théorème pouvait être étendu à un système quelconque d'équations linéaires aux différences partielles, et que d'ailleurs il se prêtait aisément à de nombreuses et importantes applications. La preuve de ces deux assertions résulte des calculs qui seront développés dans les deux paragraphes du présent Mémoire. On verra en particulier, dans le second paragraphe, avec quelle facilité, à l'aide du théorème dont il s'agit, on peut développer en séries les variables principales d'un système d'équations différentielles, ou même une fonction quelconque de ces variables principales, lorsqu'on suppose déjà connues des intégrales approchées de ces mêmes équations. On a ainsi, dans l'astronomie, un moyen très simple de passer des mouvements elliptiques des planètes et de leurs satellites, aux perturbations de ces mouvements produites par leurs actions mutuelles.

§ I^er. *Théorème général relatif à l'intégration d'un système quelconque d'équations linéaires aux différences partielles.*

» Soient

$$t,\ x,\ y,\ z,\ldots$$

plusieurs variables indépendantes, dont la première, dans les questions de mécanique, pourra représenter le temps. Soient encore

$$\mathrm{S},\ \mathrm{T},\ldots$$

plusieurs variables principales, considérées comme fonctions de t, x, y, z,... et liées entre elles par des équations linéaires aux différences partielles, qui renferment seulement des termes proportionnels à ces variables principales et à leurs dérivées partielles des divers ordres. Supposons d'ailleurs que, dans ces équations, les dérivées de S, T, ... des ordres les plus élevés relativement à t, soient respectivement

$$\mathrm{D}_t^n\mathrm{S},\quad \mathrm{D}_t^{n'}\mathrm{T},\ldots$$

et ne se trouvent soumises à aucunes différentiations relatives aux variables x, y, z,...; les équations dont il s'agit pourront être présentées

sous les formes

$$(1)\qquad \begin{cases} D_t^l S + \square_{1,1} S + \square_{1,2} T + \ldots = 0, \\ D_t^m T + \square_{2,1} S + \square_{2,2} T + \ldots = 0, \\ \text{etc.}, \end{cases}$$

chacune des caractéristiques

$$\square_{1,1},\ \square_{1,2},\ \ldots\ \square_{2,1}, \ldots$$

étant à la fois une fonction quelconque des variables indépendantes t, x, y, z, ..., et une fonction entière des caractéristiques

$$D_t,\quad D_x,\quad D_y, \text{ etc.},$$

en sorte que l'on aura par exemple

$$\square_{1,1} = A + BD_t + CD_x + \ldots + ED_t^2 + FD_x^2 + \ldots + GD_tD_x + \ldots,$$

A, B, C,... E, F, G,... désignant des fonctions données de t, x, y,... et l'exposant de D_t ne pouvant surpasser le nombre $l-1$ dans les valeurs de $\square_{1,1}$, $\square_{1,2}$,... le nombre $m-1$ dans les valeurs de $\square_{2,1}$, $\square_{2,2}$,... Enfin soient

$$L,\ M, \ldots$$

d'autres fonctions données de t, x, y, z.... Des intégrales supposées connues des équations (1) on pourra immédiatement déduire les intégrales générales des suivantes

$$(2)\qquad \begin{cases} D_t^l S + \square_{1,1} S + \square_{1,2} T + \ldots = L, \\ D_t^m T + \square_{2,1} S + \square_{2,2} T + \ldots = M, \\ \text{etc.}; \end{cases}$$

et, pour obtenir les différences de ces dernières intégrales aux premières, ou, ce qui revient au même, pour obtenir des valeurs de S, T..., qui aient la double propriété de vérifier, quel que soit t, les équations (2), et de vérifier les conditions

$$(3)\qquad \begin{cases} S = 0, \quad D_t S = 0, \ldots\ D_t^{l-2} S = 0, \quad D_t^{l-1} S = 0, \\ T = 0, \quad D_t T = 0, \ldots\ D_t^{m-2} T = 0, \quad D_t^{m-1} T = 0, \\ \text{etc.}\ldots, \end{cases}$$

pour une valeur donnée τ de la variable t, il suffira de recourir à la règle que nous allons énoncer.

» Soient

$$\mathcal{L},\quad \mathcal{M},\ldots$$

ce que deviennent $\quad L,\quad M,\ldots\quad$ quand on remplace la variable t par une nouvelle variable θ. Soient encore

$$s,\quad \varsigma,\ldots$$

des valeurs de S, T,... propres à vérifier, quel que soit t, les équations (1), par conséquent les formules

$$(4)\qquad \left\{\begin{array}{l} D_t^l s + \Box_{1,1} s + \Box_{1,2} \varsigma + \ldots = 0, \\ D_t^m \varsigma + \Box_{2,1} s + \Box_{2,2} \varsigma + \ldots = 0, \\ \text{etc.} \end{array}\right.$$

et, pour $t=\theta$, les conditions

$$(5)\qquad \left\{\begin{array}{l} s = 0,\quad D_t s = 0, \ldots D_t^{l-2} s = 0,\quad D_t^{l-1} s = \mathcal{L}, \\ \varsigma = 0,\quad D_t \varsigma = 0, \ldots D_t^{m-2} \varsigma = 0,\quad D_t^{m-1} \varsigma = \mathcal{M}, \\ \text{etc.} \end{array}\right.$$

Les valeurs cherchées de S, T,... savoir, celles qui auront la double propriété de vérifier, quel que soit t, les équations (2), et pour $t=\tau$, les conditions (3), seront respectivement

$$(6)\qquad S = \int_\tau^t s\,d\theta,\quad T = \int_\tau^t \varsigma\,d\theta,\ \text{etc.}$$

» *Démonstration.* En effet, en vertu des conditions (5) qui se vérifient quand on pose $t=\theta$, ou, ce qui revient au même, quand on pose $\theta=t$, on tirera des formules (6) différentiées plusieurs fois de suite par rapport à t,

$$S = \int_\tau^t s\,d\theta,\ \ D_t S = \int_\tau^t D_t s\,d\theta, \ldots D_t^{l-1} S = \int_\tau^t D_t^{l-1} s\,d\theta,\ \ D_t^l S = L + \int_\tau^t D_t^l s\,d\theta,$$

$$T = \int_\tau \varsigma\,d\theta,\ \ D_t T = \int_\tau^t D_t \varsigma\,d\theta, \ldots D_t^{m-1} T = \int_\tau^t D_t^{m-1} \varsigma\,d\theta,\ \ D_t^m = M + \int_\tau^t D_t^m \varsigma\,d\theta,$$

etc....

Or, ces dernières valeurs de

$$S,\ D_t S, \ldots\ D_t^{l-1} S,\ D_t^l S;\quad T,\ D_t T, \ldots\ D_t^{m-1} T,\ D_t^m T; \ldots$$

remplissent évidemment les conditions (3), quand on pose $t=\tau$; et de plus leur substitution dans les équations (2), réduit ces dernières, en vertu des formules (4), aux équations identiques

$$L = L, \quad M = M, \ldots$$

» *Corollaire.* Lorsque les équations (1) se réduisent à une seule équation du premier ordre et de la forme

$$(D_t + \square) S = 0,$$

les formules (2) se réduisent elles-mêmes à une seule équation de la forme

$$(D_t + \square) S = \varpi(x, y, \ldots t),$$

et, pour obtenir la différence entre les intégrales de ces deux équations, ou, ce qui revient au même, pour obtenir l'intégrale de la dernière en l'assujétissant à s'évanouir pour $t=\theta$, il suffit, en vertu de la règle énoncée, de recourir à la formule

$$S = \int_\tau^t s\, d\theta,$$

s étant une fonction de $x, y, \ldots t$, assujétie à vérifier, quel que soit t, l'équation

$$(D_t + \square)\, s = 0,$$

et pour $t=\theta$, la condition

$$s = \varpi(x,\ y, \ldots \theta).$$

On se trouve ainsi ramené au théorème que nous avons établi dans le dernier *Compte rendu.*

§ II. *Intégration par séries d'un système d'équations différentielles.*

» Supposons les variables principales

$$x,\ \ y,\ \ z, \ldots$$

exprimées en fonction de la variable indépendante t par un système d'équations différentielles du premier ordre. Concevons d'ailleurs qu'en négligeant certains termes on puisse facilement intégrer ces équations différentielles réduites à la forme

$$(1) \qquad D_t x = P, \quad D_t y = Q, \ldots$$

l'équation *caractéristique* correspondante aux équations (1) sera

$$(2) \qquad (D_t + \Box)\, S = 0,$$

la valeur de $\Box$ étant

$$\Box = P D_x + Q D_y + \ldots;$$

et l'intégration des équations (1) entraînera celle de l'équation (2).

» Admettons, pour fixer les idées, que

$$\mathrm{x}, \mathrm{y}, \ldots . \tau$$

représente un nouveau système de valeurs des variables

$$x, y, \ldots t;$$

les intégrales générales des équations (1) pourront être censées renfermer seulement les quantités $x, y, \ldots t, \mathrm{x}, \mathrm{y}, \ldots \tau$; et ces intégrales, résolues par rapport à x, $\mathrm{y}, \ldots$, se présenteront sous la forme

$$(3) \qquad \mathrm{x} = X, \quad \mathrm{y} = Y, \ldots$$

X, $Y, \ldots$ désignant des fonctions des seules quantités $x, y, z, \ldots t, \tau$. Cela posé, la forme générale des intégrales principales des équations (1) étant

$$(4) \qquad \mathrm{f}(\mathrm{x}, \mathrm{y}, \ldots) = \mathrm{f}(X, Y, \ldots),$$

l'intégrale générale de la formule (2) sera

$$(5) \qquad S = \mathrm{f}(X, Y, \ldots),$$

si l'on désigne par $\mathrm{f}(x, y, z, \ldots)$ la valeur de S correspondant à $t = \tau$.

» Concevons maintenant que, dans le cas où on ne néglige aucun terme,

les équations différentielles données deviennent

$$(6) \qquad D_t x = P + \mathfrak{P}, \quad D_t y = Q + \mathfrak{Q}, \text{ etc.},$$

$\mathfrak{P}, \mathfrak{Q}, \ldots$ désignant, ainsi que $P, Q, \ldots$ des fonctions connues de $x, y, \ldots t$; et posons

$$\Box' = \mathfrak{P} D_x + \mathfrak{Q} D_y + \ldots$$

L'équation caractéristique relative au système des équations (6) sera de la forme

$$(7) \qquad (D_t + \Box + \Box')\, T = 0,$$

T désignant la nouvelle variable principale. Or on vérifiera évidemment l'équation (7), en posant

$$(8) \qquad T = S + S_{,} + S_{,,} + \ldots,$$

pourvu que l'on assujétisse $S, S_{,}, S_{,,}, \ldots$ à vérifier les formules

$$(9) \qquad \begin{cases} (D_t + \Box) S = 0, \\ (D_t + \Box) S_{,} = -\Box' S, \\ (D_t + \Box) S_{,,} = -\Box' S_{,}, \\ \text{etc.}, \end{cases}$$

et que la série

$$S, S_{,}, S_{,,}, \ldots$$

soit convergente. Or, la première des formules (9) sera précisément l'équation (2), dont l'intégrale S pourra être prise pour premier terme de la série. Quant aux autres termes

$$S_{,}, S_{,,},$$

il suffira, pour les obtenir, d'intégrer successivement la seconde, la troisième des équations (9), ... en assujétissant même les intégrales à s'évanouir pour $t = \tau$. D'ailleurs, à l'aide des principes établis dans le précédent Mémoire, ou dans le premier paragraphe de celui-ci, on déduira sans peine de la valeur de S supposée connue la valeur de $S_{,}$, puis de la valeur de $S_{,}$ celle de $S_{,,}$, etc.; et par suite l'intégration en termes finis des équations (1), ou, ce qui revient au même, de l'équation (2), entraînera

l'intégration par série des équations (6), ou, ce qui revient au même, de l'équation (7).

» On arriverait encore aux mêmes conclusions de la manière suivante :

» Concevons que u désignant une fonction quelconque de $x, y, \ldots t$, l'on pose, pour abréger,

$$\nabla u = -\int_\tau^t \Box u\, dt, \quad \text{et} \quad \nabla' u = -\int_\tau^t \Box' u\, dt;$$

et désignons par

$$s = \mathrm{f}(x, y, \ldots)$$

la fonction de $x, y, \ldots$ à laquelle doit se réduire, pour $t = \tau$, l'intégrale générale S ou T de l'équation (2) ou (7). On tirera de l'équation (2), intégrée par rapport à t et à partir de $t = \tau$,

$$\mathrm{S} - s = \nabla \mathrm{S}, \quad (1 - \nabla)\, \mathrm{S} = s,$$

et par suite

$$(10) \qquad \mathrm{S} = (1 + \nabla + \nabla^2 + \ldots)\, s + \frac{1}{1 - \nabla} s.$$

On tirera pareillement de l'équation (7)

$$\mathrm{T} - s = \nabla \mathrm{T} + \nabla' \mathrm{T}, \quad (1 - \nabla)\mathrm{T} = s + \nabla' \mathrm{T},$$

et par suite

$$\begin{aligned} \mathrm{T} &= \frac{1}{1-\nabla} s + \frac{1}{1-\nabla} \nabla' \mathrm{T} \\ &= \frac{1}{1-\nabla} s + \frac{1}{1-\nabla} \nabla' \frac{1}{1-\nabla} s + \frac{1}{1-\nabla} \nabla' \frac{1}{1-\nabla} \nabla' \mathrm{T}, \\ &\text{etc.} \ldots \end{aligned}$$

Donc, en supposant convergente la série

$$\frac{1}{1-\nabla} s, \quad \frac{1}{1-\nabla} \nabla' \frac{1}{1-\nabla} s, \quad \frac{1}{1-\nabla} \nabla' \frac{1}{1-\nabla} \nabla' \frac{1}{1-\nabla} s, \ldots$$

on trouvera définitivement

$$(11) \quad \mathrm{T} = \frac{1}{1-\nabla} s + \frac{1}{1-\nabla} \nabla' \frac{1}{1-\nabla} s + \frac{1}{1-\nabla} \nabla' \frac{1}{1-\nabla} \nabla' \frac{1}{1-\nabla} s + \ldots$$

Il est d'ailleurs facile de s'assurer que dans la supposition dont il s'agit, la

valeur de T, déterminée par la formule (11), vérifie en effet l'équation

$$(1-\nabla)T = s + \nabla T,$$

et par conséquent l'équation (7), dont elle représente l'intégrale générale. Ajoutons que, pour déduire de la formule (11), une intégrale principale des équations (6), il suffit d'y remplacer le premier membre T par la constante

$$\mathfrak{c} = f(x, y, \ldots).$$

» Il est bon d'observer qu'en vertu de la formule (10), l'équation (11) peut être réduite à

$$(12) \qquad T = S + \frac{1}{1-\nabla}\nabla' S + \frac{1}{1-\nabla}\nabla' \frac{1}{1-\nabla} S + \ldots$$

On aura donc généralement

$$T = S + S_{,} + S_{,,} + \ldots,$$

pourvu que l'on pose

$$(13) \qquad S_{,} = \frac{1}{1-\nabla}\nabla' S, \quad S_{,,} = \frac{1}{1-\nabla}\nabla' S_{,}, \ldots$$

Or comme ∇u et $\nabla' u$ s'évanouissent généralement pour $t = \tau$, il est clair qu'en vertu des formules (13), on pourra en dire autant de $S_{,}$, $S_{,,}, \ldots$. D'ailleurs on tire de ces mêmes formules

$$(1-\nabla)S_{,} = \nabla' S, \quad (1-\nabla)S_{,,} = \nabla' S_{,}, \ldots,$$

puis, en différentiant par rapport à t,

$$(D_t + \square)S_{,} = -\square' S, \quad (D_t + \square)S_{,,} = -\square' S_{,}, \ldots$$

Donc les valeurs de $S_{,}$, $S_{,,}, \ldots$ déterminées par les formules (13), sont précisément celles qui ont la double propriété de vérifier les équations (9) et de s'évanouir pour $t = \tau$.

» Considérons en particulier le cas où les fonctions

$$P, Q, \ldots \quad \mathfrak{P}, \mathfrak{Q}, \ldots$$

sont indépendantes de la variable t. Alors on aura

$$S = \frac{s}{1-\nabla} = e^{(\tau-t)\Box} s,$$

et par suite

$$\Box' S = \Box' e^{(\tau-t)\Box} s.$$

Cela posé, la seconde des équations (9) deviendra

(14) $$(D_t + \Box) S_{,} = - \Box' e^{(\tau-t)\Box} s;$$

et, d'après ce qui a été dit dans le § I^{er}, on aura

(15) $$S_{,} = \int_{\tau}^{t} \Theta d\theta,$$

Θ étant assujéti à la double condition de vérifier, quel que soit t, l'équation

$$(D_t + \Box)\Theta = 0,$$

et de se réduire à

$$- \Box' e^{(\tau-\theta)\Box} s,$$

pour $t = \theta$. On aura d'ailleurs sous ces conditions

$$\Theta = - e^{(\theta-t)\Box} \Box' e^{(\tau-\theta)\Box} s,$$

et par suite on trouvera

(16) $$S_{,} = - \int_{\tau}^{t} e^{(\theta-t)\Box} \Box' e^{(\tau-\theta)\Box} s\, d\theta.$$

Si l'on nommait $\mathfrak{s}$ ce que devient

$$S = e^{(\tau-t)\Box} s,$$

quand on y remplace t par θ, on aurait

(17) $$\mathfrak{s} = e^{(\tau-\theta)\Box} s,$$

et par suite la formule (16) se réduirait à

(18) $$S_{,} = - \int_{\tau}^{t} e^{(\theta-t)\Box} \Box' \mathfrak{s}\, d\theta.$$

De même, si l'on nomme $s_{,}$, ce que devient $S_{,}$ quand on y remplace t par θ, on aura

(19) $$s_{,,} = -\int_{\tau}^{t} e^{(\theta - t)\square} \square' s_{,} d\theta,$$

et ainsi de suite.

» Si la fonction s est telle que l'on ait

(20) $$\square s = 0,$$

on en conclura

$$e^{(\tau - t)\square} s = s,$$

et par suite la valeur de $S_{,}$, que détermine l'équation (16), se trouvera réduite à

(21) $$S_{,} = -\int_{\tau}^{t} e^{(\theta - t)\square} \square' s d\theta.$$

Nous donnerons dans d'autres articles les applications de ces diverses formules à la *Mécanique céleste.* »

« *Post-scriptum.* Le théorème énoncé dans le § Ier subsiste dans le cas même où les équations (1) et (2) de ce paragraphe, cessant de renfermer les variables x, y,.. se réduiraient à des équations différentielles, auxquelles devraient satisfaire les variables principales S, T,... considérées comme fonctions de la seule variable indépendante t.

» Concevons, pour fixer les idées, les équations (2) du § Ier, réduites à la suivante

$$D_t^2 S - \frac{2}{t^2} S = \varpi(t).$$

Si l'on veut intégrer celle-ci, de manière que l'intégrale et sa dérivée s'évanouissent pour $t = \tau$, il suffira, en vertu du théorème établi, de chercher une valeur de s qui ait la double propriété de vérifier, quel que soit t, la formule

$$D_t^2 s - \frac{2}{t^2} s = 0,$$

et pour $t = \theta$, les conditions

$$s = 0, \quad D_t s = \varpi(\theta);$$

puis de substituer cette valeur de s, savoir

$$s = \left(t^2 - \frac{\theta^3}{t}\right)\frac{\varpi(\theta)}{3\theta},$$

dans la formule

$$S = \int_\tau^t s d\theta.$$

Effectivement, on tirera de ces dernières

$$S = \int_\tau^t \left(t^2 - \frac{\theta^3}{t}\right)\frac{\varpi(\theta)}{3\theta}\, d\theta,$$

$$D_t S = \int_\tau^t \left(2t + \frac{\theta^3}{t^2}\right)\frac{\varpi(\theta)}{3\theta}\, d\theta,$$

$$D_t^2 S = \int_\tau^t 2\left(1 - \frac{\theta^3}{t^3}\right)\frac{\varpi(\theta)}{3\theta}\, d\theta + \varpi(t),$$

et par suite

$$D_t^2 S - \frac{2}{t^2} S = \varpi(t). \text{ »}$$

M. de Blainville en présentant à l'Académie un nouveau fascicule de son *Ostéographie récente et fossile* (voir au *Bulletin bibliographique*), donne, dans les termes suivants, une idée du sujet qu'il y a traité : « Cette livraison est composée de 15 feuilles d'impression et de 11 planches entièrement consacrées à la famille des insectivores monodelphes; elle comprend les genres *Talpa*, *Sorex* et *Erinaceus* de Linné, et par conséquent les quatorze ou quinze genres ou sous-genres que les zoologistes modernes y ont établis successivement. Suivant toujours la même marche que pour les familles précédentes, on y trouvera la description et la figure du squelette et du système dentaire des espèces types, c'est-à-dire de la Taupe commune, de la Musaraigne terrestre et du Hérisson d'Europe, en signalant ensuite les différences qu'offrent les espèces en remontant ou en descendant la série. Viennent ensuite l'histoire et les principes de la classification des insectivores, leur distribution géographique dans l'état actuel de nos connaissances; puis l'histoire de leur ancienneté à la surface de la terre, commençant par la description et la figure des statuettes et des momies de Musaraignes que les Égyptiens nous ont laissées dans leurs tombeaux, et terminant enfin par l'examen des ossements fossiles, qui ont appartenu à des espèces de cette famille. Plus

heureux sous ce rapport que dans les familles précédentes, il a été possible, en effet, outre les restes tout-à-fait semblables aux espèces qui existent encore de nos jours dans nos contrées, et cela non-seulement dans le diluvium des cavernes, mais même dans des terrains tertiaires, de faire connaître trois ou quatre formes animales inconnues jusqu'ici dans la nature vivante, et qui viennent encore combler quelques lacunes de la série animale. Ces résultats tout-à-fait nouveaux, et qui sont dus aux persévérantes et fatigantes recherches de M. Lartet dans le versant septentrional des Pyrénées, de MM. de Laizer et l'abbé Croizet en Auvergne, leur mériteront sans doute les remercîments de tous les amis de la science; mais ce qui me semble non moins les mériter, c'est le procédé généreux de la Société zoologique de Londres, qui a bien voulu m'envoyer de fort beaux dessins faits à ses frais, de la tête osseuse et du système dentaire d'un animal encore unique dans les collections européennes, jusque alors complétement inédit sous ce rapport, et dont l'absence aurait formé une lacune fâcheuse, surtout dans le plan que j'ai adopté dans mon ouvrage. »

RAPPORTS.

PALÉONTOLOGIE. — *Rapport de* M. DE BLAINVILLE *sur quelques ossements fossiles adressés par* M d'Hombres-Firmas.

« M. le président de l'Académie m'a fait l'honneur de renvoyer à mon examen quelques fragments d'os fossiles que lui a adressés l'un de ses correspondants les plus zélés, M. d'Hombres-Firmas. Ces ossements sont malheureusement fort peu nombreux, puisqu'ils ne consistent qu'en une partie supérieure et subterminale supérieure de cubitus, un fragment inférieur de radius, encore moins considérable que le premier, et une tête supérieure articulaire, d'os métacarpien. Toutefois, ils ne sont certainement pas sans intérêt, parce qu'ils ont appartenu ou bien à une fort petite espèce de Rhinocéros, comme il semble en exister une dans les terrains tertiaires d'Auvergne, ou peut-être aussi à un Anthracotherium, genre que nous ne connaissons encore que sur des parties de mâchoires et du système dentaire, et qui pourra bien se rapprocher beaucoup de celui des Rhinocéros, quand il sera possible de l'examiner d'une manière un peu sévère, à l'aide des éléments nombreux fournis par les recherches paléontologiques faites dernièrement en Auvergne et en Gas-

cogne. En conséquence, nous proposons à l'Académie de répondre à M. d'Hombres-Firmas que de nouvelles recherches dans les lieux où l'on a trouvé les ossements qu'il lui a envoyés, ne peuvent qu'être fort utiles et profitables à la science, et qu'à cette réponse soient joints des remercîments pour le don qu'il veut bien en faire, dans la certitude que l'administration du Muséum les acceptera nécessairement avec beaucoup d'empressement dans l'intérêt de ses riches collections. »

NOMINATIONS.

L'Académie procède par voie de scrutin à la nomination d'un membre pour remplir, dans la *Section de Chimie*, la place vacante par suite du décès de M. *Robiquet*.

La liste de candidats présentée par la Section, est la suivante :

1°. M. Regnault;
2°. M. Bussy;
3°. MM. Fremy et Péligot *ex æquo*.

Le nombre des votants est de 50. Au premier tour de scrutin,

M. Regnault obtient. 45 suffrages;
M. Bussy........... 3
M. Fremy.......... 2

M. **Regnault**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages est proclamé élu. Sa nomination sera soumise à l'approbation du Roi.

L'Académie procède ensuite, également par voie de scrutin, à l'élection d'un correspondant pour la *Section de Géographie et de Navigation*.

La liste de candidats présentée par la Section porte :

En première ligne le nom de M. Parry;

En seconde ligne, et par ordre alphabétique, ceux de MM. Franklin, Gauttier, Kotzebue, Lutké, Owen et Wrangel.

Le nombre des votants est de 49. Au premier tour de scrutin,

M. Parry obtient.... 44 suffrages;
M. Dumont d'Urville. 3
M. Franklin........ 2

M. **Parry**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est déclaré correspondant de l'Académie.

M. **le Président de l'Académie** rappelle qu'il y a une *place de correspondant* vacante dans la *Section de Médecine et de Chirurgie*, et invite MM. les membres de la Section à présenter prochainement une liste de candidats.

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

PHYSIQUE — *Vibrations d'une corde flexible, chargée d'un curseur; par* M. **Duhamel**.

(Commissaires, MM. Cauchy, Savart, Savary, Sturm.)

« Des recherches, dont je n'ai pas pour objet d'entretenir aujourd'hui l'Académie, m'ont conduit à étudier les lois suivant lesquelles les vibrations transversales des cordes ou des verges se trouvent modifiées, lorsque l'on fixe en un quelconque de leurs points une masse ayant avec elles un rapport arbitraire. Cette question, qui s'est d'abord présentée à moi comme accessoire, m'a paru assez importante pour mériter d'être traitée spécialement, d'autant plus qu'elle renferme la théorie des *curseurs* employés dans certains instruments de musique. Le Mémoire que je soumets au jugement de l'Académie renferme la partie de ces recherches, à la fois théoriques et expérimentales, qui se rapporte aux cordes parfaitement flexibles; celles qui sont relatives aux verges élastiques feront l'objet d'un second Mémoire.

» Il est bon d'observer d'abord que ce problème diffère essentiellement de celui que les géomètres se sont proposé dans leurs premiers travaux sur les cordes vibrantes. Ils considéraient un fil tendu, sans pesanteur, et portant une ou plusieurs masses; ce qui ne donnait lieu qu'à des équations différentielles ordinaires; tandis que la question que je me propose ici conduit à trois équations à différentielles partielles; aussi donne-t-elle des lois très différentes de celles auxquelles ils étaient parvenus.

» Je considère une corde, d'une longueur et d'un poids connus, soumise à une tension constante, et portant en un de ses points une masse ayant un rapport quelconque avec celle de la corde; et je me propose de déterminer suivant quelles lois dépendent de ces données, le son fondamental et tous les sons harmoniques que cette corde peut rendre; et quelles sont les positions des nœuds correspondants à ces divers harmoniques.

» La formule générale qui représente le mouvement de cette corde, partant d'un état initial arbitraire, se compose d'une infinité de solutions particulières, qui correspondent aux différents sons que la corde peut rendre successivement, mais qu'elle ne peut, en général, faire entendre à la fois. Les durées des vibrations relatives à chacun d'eux sont déterminées par les racines d'une équation transcendante très simple.

» Si l'on suppose la même corde chargée successivement de différentes masses au même point, le son fondamental s'élèvera proportionnellement à la première racine de cette équation; le premier harmonique s'élèvera proportionnellement à la seconde racine : et, en général, un son d'ordre quelconque s'élèvera proportionnellement à la racine de même ordre.

» La détermination des racines de cette équation, dont les coefficients prennent successivement des valeurs différentes, peut se ramener à la construction d'une seule courbe; et c'est ce moyen que j'ai employé dans les applications que j'ai faites de mes formules.

» Ces mêmes racines font connaître la position des nœuds, pour un harmonique quelconque. Si le point d'application de la masse partage la corde en deux segments commensurables, on voit immédiatement que la corde pourra rendre les sons harmoniques correspondants à ses divisions en parties égales à la commune mesure et à ses sous-multiples. Mais on n'aurait ainsi qu'une partie des sons possibles, et l'on peut avoir des harmoniques correspondants à la division de la corde en un nombre entier quelconque de parties. Il est facile de voir que toutes ces subdivisions devant avoir des vibrations de même durée, la distance de deux nœuds consécutifs quelconques sera la même, excepté pour les deux entre lesquelles se trouve la masse additionnelle : la distance de ces derniers, et par suite des autres, est déterminée par la racine qui est de même rang que le son que l'on considère.

» Si l'on fait varier proportionnellement la masse additionnelle et la longueur de la corde, le rapport des segments restant le même, ainsi que la tension; la durée des vibrations, tant pour le son fondamental que pour ses harmoniques, varie proportionnellement à la longueur, comme cela aurait lieu si la masse était supprimée. Ce résultat remarquable, analogue à celui que M. *Savart* a démontré pour les corps semblables, se démontre aussi par une méthode analogue à celle qui a été employée, dans ce cas, par M. *Cauchy*.

» Après avoir établi, par l'analyse, ces diverses lois, auxquelles il est

évident que l'expérience n'aurait pas pu conduire, il restait à chercher si elles étaient l'expression exacte des faits, ou si elles se rapportaient à un problème purement idéal, dont les données s'éloignaient sensiblement de celles que l'expérience pouvait réaliser.

» A cet effet, j'ai choisi une corde homogène et très flexible, que j'ai soumise à une tension constante arbitraire, en conservant toujours la même position à ses deux points fixes; puis j'ai appliqué successivement à son milieu des masses différentes, et j'ai déterminé les rapports des nombres de vibrations effectuées dans un même temps par cette corde. Il aurait été impossible de déterminer ces nombres au moyen des sons qui n'étaient pas perceptibles, ou étaient trop graves pour être bien appréciés. J'ai fait usage d'un procédé que j'avais imaginé, il y a environ quinze ans, mais dont l'idée est la même au fond, comme je l'ai reconnu depuis, que celle d'un appareil employé par Watt et, plus tard, par Eytelwein.

» Ce procédé consiste à adapter au point dont on cherche le mouvement, une pointe qui laisse une trace sur un plan mobile, sans produire un frottement sensible. On conçoit de quelle importance il est alors que le mouvement de ce plan soit connu avec une rigoureuse précision ; mais je me suis affranchi de cette nécessité, en comparant le nombre des vibrations exécutées par la corde d'épreuve, au nombre de celles qu'exécute en même temps une corde parallèle et voisine de la première, qui reste toujours dans les mêmes circonstances, et, par conséquent, conserve constamment le même mouvement. Le plan mobile sur lequel se tracent les vibrations des deux cordes peut alors avoir un mouvement aussi irrégulier que l'on voudra; il suffit qu'il soit assez rapide pour que toutes les traces soient distinctes; et l'on connaîtra avec la même précision les nombres de vibrations qu'elles feront dans un même temps. Les rapports des nombres cherchés à un même nombre étant ainsi connus, on en déduira leurs rapports entre eux, et l'on pourra connaître ainsi suivant quelle loi varient les nombres de vibrations exécutées par la même corde, lorsque l'on change la masse additionnelle appliquée au milieu.

» Dans les expériences dont je vais indiquer le résultat, les données avaient les valeurs suivantes :

	mètre.
Longueur de la corde....................	1,2103
	grammes.
Poids de la corde.......................	15,4
Poids de la première masse...............	6,537
Poids de la seconde......................	10,000
Poids de la troisième....................	13,074
Poids de la quatrième....................	16,537
Poids de la cinquième....................	23,074

» Les rapports des nombres de vibrations correspondants à chacune de ces masses, au nombre que la corde en donnerait si on la faisait vibrer seule et sans aucune masse additionnelle, ont les valeurs suivantes d'après les formules

0,71 : 0,6334 : 0,5768 : 0,5328 : 0,4679.

» L'expérience a donné les suivantes:

0,71 : 0,634 : 0,5783 : 0,5327 : 0,468.

» Les excès de ces derniers sur les premiers sont respectivement:

0..... 0,0006 ... 0,0015 ..... — 0,0001 ..... 0,0001.

» La vérification est donc aussi complète qu'on pouvait l'espérer.

» J'ai voulu vérifier encore la loi indiquée par l'analyse dans le cas où l'on fait varier la longueur de la corde proportionnellement à la masse.

» Une première expérience m'avait donné le rapport de 64 : 32 ou de 2 : 1, en réduisant de moitié la longueur de la corde et la masse additionnelle. Le résultat était donc entièrement conforme à la théorie. Dans une autre expérience, en doublant et triplant la longueur de la corde et la masse primitive, j'ai obtenu trois nombres qui étaient proportionnels aux suivants:

1,573 : 0,781 : 0,516.

La théorie aurait donné

1,573 : 0,786 : 0,524.

Les différences sont respectivement:

0,005 et 0,008.

» On les trouve encore très faibles, mais supérieures aux premières. Cela tient peut-être à ce que la longueur de la corde a varié, et que les

causes d'inexactitude qui se trouvent à ses extrémités ne modifient pas dans le même rapport le nombre des vibrations. Ainsi pour les cordes métalliques, qui ne peuvent être regardées comme parfaitement flexibles, on sait qu'en les raccourcissant de moitié on n'a pas exactement l'octave; mais la différence sera d'autant moindre que la corde sera plus mince par rapport à sa longueur.

» Enfin, j'ai fait un troisième genre de vérifications, en comparant les positions des nœuds, telles que les indique la formule, à celles que fournit l'expérience; l'accord a été aussi satisfaisant sur ce point que sur les autres. »

GÉOLOGIE. — *Sur le gisement des terrains tertiaires du département de la Gironde; par* M. DE COLLEGNO, professeur à la Faculté des Sciences de Bordeaux. — (Extrait.)

(Commissaires, MM. Al. Brongniart, Beudant, Élie de Beaumont.)

« Dans la *Description géologique des environs de Paris,* M. Alexandre Brongniart a rapporté le calcaire grossier des environs de Bordeaux à l'étage marin inférieur des terrains tertiaires, et le calcaire d'eau douce de l'Agenais à une époque géologique postérieure à celle du calcaire grossier. Depuis lors MM. Boué, Billaudel et plusieurs autres géologues qui se sont occupés successivement des terrains tertiaires du département de la Gironde, ont paru ne point partager l'opinion de M. Brongniart. En 1833, M. Dufrénoy annonça, dans son Mémoire sur les terrains tertiaires du midi de la France, « que la position du calcaire d'eau douce au-dessus du calcaire » grossier est un fait établi d'une manière certaine »; tandis que M. Drouot crut reconnaître, quelques années plus tard, « que le calcaire grossier » est supérieur au calcaire d'eau douce de l'Agenais et des environs de » Bergerac. »

» On voit que les géologues sont loin d'être d'accord sur la position relative des terrains tertiaires de Bordeaux.

» La solution de cette question m'a paru se rattacher à la détermination du gisement relatif général des terrains tertiaires de la France. En effet, les calcaires d'eau douce de l'Agenais se rattachent, par de nombreux *témoins,* à ceux du Cantal et de l'Allier, et ceux-ci vont se réunir par la vallée de la Loire au grand plateau d'eau douce de la Beauce, qui est certainement supérieur au calcaire grossier de Paris. Si donc le calcaire d'eau douce de

l'Agenais est inférieur au calcaire grossier de la Gironde, toute comparaison devient impossible entre les bassins tertiaires du nord et du midi; et les caractères zoologiques perdent en même temps toute importance, puisque les *Orbitolites plana, Clavagella coronata, Crania abnormis*, etc., se trouveraient à Bordeaux supérieurement à tous les terrains des environs de Paris.

» Deux années d'observations m'ont porté à conclure que les terrains tertiaires de la Gironde se divisent naturellement en trois formations, qui correspondent aux trois étages reconnus par M. Dufrénoy dans le sud de la France.

» La formation tertiaire inférieure peut se subdiviser en deux groupes: l'inférieur est un calcaire marin, caractérisé par des orbitolites qui me paraissent identiques avec l'*O. plana* de Vaugirard; ce calcaire se voit à Pouillac, à Blaye, à Plassac; il vient s'enfoncer sous la Dordogne, vis-à-vis le bec d'Ambez. Au-dessus du calcaire à orbitolites repose, depuis La Roque jusque près de Bourg, un calcaire également marin, contenant des osselets d'astéries, aussi nombreux que les nummulites le sont à Compiégne et à Laon. Le calcaire à astéries contient souvent des masses lenticulaires d'argile, que l'on voit se terminer en coin entre les couches calcaires (La Roque, Bourg). Quelquefois l'argile sableuse devient dominante, et le calcaire ne se trouve plus qu'en rognons peu suivis (collines de Cenou et de Florac). Quelquefois encore l'argile sableuse passe à une véritable molasse et prend une puissance de 50 mètres et plus (Saint-Germain, Fronsac, Branne).

» Les deux groupes de l'étage tertiaire inférieur s'abaissent insensiblement vers le sud-est; j'ai dit que le calcaire à orbitolites disparaissait sous la Dordogne, vis-à-vis le bec d'Ambez; de même le calcaire à astéries qui forme des collines de 80 mètres à Lormont et Cenou, n'est plus qu'à une vingtaine de mètres au-dessus de la Garonne à Cadillac et à Saint-Macaire; au Caudrot, le terrain tertiaire inférieur cesse entièrement de se montrer au jour.

» Le terrain tertiaire moyen peut se diviser également en deux groupes, dont l'inférieur est une molasse souvent très calcaire, contenant des fossiles d'eau douce; et le supérieur un calcaire sableux à coquilles marines nombreuses, parmi lesquelles l'*Ostrea virginiana* paraît le fossile le plus caractéristique. A Blaye, la formation tertiaire moyenne repose sur le calcaire à orbitolites; à Sainte-Croix-du-Mont, sur le calcaire à astéries; plus au sud, sur des couches redressées de la formation crétacée; il est donc bien

prouvé que cette formation est indépendante de celle du calcaire grossier. Les couches calcaires à *Ostrea virginiana* de Sainte-Croix-du-Mont, se prolongent vers l'Agenais; elles forment les escarpements de La Réole : ce sont là les couches qui sont supérieures au calcaire d'eau douce de l'Agenais, et non celles à astéries, qui ont disparu sous la Garonne, deux myriamètres plus bas.

» L'étage tertiaire supérieur est composé d'un sable quarzeux dont le grain augmente en allant vers le sud, au point que dans les environs de Pau cette formation est représentée par de véritables poudingues. Ces poudingues se distinguent des masses de galets transportées par les cours d'eau actuels, en ce que les premiers ne contiennent jamais de cailloux d'ophite, très abondants au contraire dans les derniers. Ce classement ne diffère que par quelques points de détail de celui qui est indiqué dans les mémoires de M. Dufrénoy; mais j'y ai été amené par des faits nouveaux qui ne me paraissent laisser aucun doute sur le véritable gisement relatif des terrains tertiaires de la Gironde. »

ASTRONOMIE. — *Sur la longueur du pendule à secondes à Toulouse; par* M. PETIT, directeur de l'Observatoire.

(Commissaires, MM. Arago, Mathieu, Puissant, Savary.)

Les observations ont été faites avec un pendule invariable; à Paris, presque entièrement par M. Mathieu; à Toulouse par M. Petit.

D'après 9 séries d'observations de Paris, le nombre d'oscillations infiniment petites du pendule en question, en 24 heures de temps moyen, dans le vide, au niveau de la mer, à la latitude de l'Observatoire, et à la température de 15° centigrades, serait :

$$87916,22.$$

Onze séries d'observations analogues faites à Toulouse, réduites de même à des amplitudes infiniment petites, à 24 heures de temps moyen, au vide, au niveau de la mer et à 15° du thermomètre centigrade, donnent

$$87897,45.$$

Les nombres que nous venons de rapporter, introduits dans les for-

mules connues, donnent pour la longueur du pendule :

A Toulouse.. $993^{\text{mill.}},4326$;
cette longueur à Paris étant.......................... $993\ \ ,8565$.

Ces longueurs conduisent elles-mêmes, pour l'intervalle compris entre Paris et Toulouse, à un aplatissement du méridien représenté par la fraction $\frac{1}{252}$.

Si l'on voulait faire descendre l'aplatissement à la valeur $\frac{1}{306}$, que l'on a déduite, pour l'ensemble de la Terre, des mouvements de la Lune, il faudrait que la différence entre les nombres d'oscillations du pendule, à Paris et à Toulouse, devînt 21,57, au lieu de 18,77 que les observations ont donné.

La différence $2^{\text{oscill.}},80$ entre ces deux nombres, semble plus grande que les erreurs possibles des observations. M. Petit examine dans son Mémoire, si une partie de cette différence ne pourrait pas être attribuée à la méthode adoptée pour réduire les observations au niveau de la mer, c'est-à-dire, à ce qu'on néglige l'influence qu'exerce sur le pendule, la masse rocheuse ou terreuse dont le sphéroïde aqueux doit être censé recouvert pour représenter les stations continentales. Quoiqu'à Toulouse la masse protubérante en question ait une valeur de 276 mètres, M. Petit trouve que cette cause d'action locale ne pourrait expliquer qu'une petite partie de la différence déjà signalée. Nous reviendrons sur cet objet après le rapport des Commissaires de l'Académie.

PHYSIQUE. — *Recherches sur l'aimantation par les courants; par* M. ABRIA.

(Commissaires, MM. Savart, Becquerel, Pouillet.)

M. Abria emploie, comme électromoteur, un seul couple, cuivre et zinc, à force constante, à faible tension. L'intensité du courant est mesurée par les sinus des déviations d'une aiguille de boussole. Les aiguilles que l'on aimante, de diamètres différents, mais assez petits, sont placées dans des hélices à spires très serrées que traverse le courant. On mesure l'intensité magnétique des ces petites aiguilles en les faisant osciller.

Voici maintenant le résultat simple auquel M. Abria est conduit par ses expériences:

Dans les limites des expériences, l'intensité du magnétisme développé

dans des aiguilles semblables et semblablement trempées, croît proportionnellement au carré de l'intensité du courant.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Notices sur les bassins fermés du département des Bouches-du-Rhône; par* M. VALLÈS, ingénieur des Ponts-et-Chaussées.

(Commissaires, MM. Arago, Beautemps-Beaupré, Savary.)

Ces bassins peuvent être divisés en trois classes, suivant que leur niveau est supérieur, égal ou inférieur à celui de la mer voisine.

Dans la première sont compris, 1° l'étang de *Mégrignane,* actuellement desséché et livré à la culture, et qui communique directement avec la mer par un souterrain d'environ 400 mètres de longueur; 2° l'étang de *Pourrat,* qui est aussi desséché, et qui communique indirectement avec la mer par un canal souterrain, s'ouvrant dans l'étang de Rassuen; 3° l'étang de *Rassuen*, maintenant transformé en saline, et communiquant avec la mer par un canal construit de main d'homme, et de deux lieues de longueur.

Dans la seconde classe, sont les étangs de l'*Estomac* et de l'*Olivier,* dont les eaux communiquent avec celles de la Méditerranée: pour le premier par la filtration à travers un sol sablonneux; pour l'autre par un canal en partie souterrain.

La troisième classe enfin comprend les étangs d'*Engrenier,* de *Valduc* et de *Citis.* Ce dernier est celui dont le niveau est le plus bas par rapport au niveau du golfe de Berre, dont il n'est séparé que par une langue de terre de 200 mètres environ de largeur. La différence de hauteur, dans quatre opérations successives de nivellement, a été trouvée de $10^{m},24$; $10^{m},30$; $10^{m},37$ et $10^{m},53$. Ces petites discordances entre les résultats ne sont pas dues à l'imperfection de l'opération, mais à une variation de niveau dans les deux bassins comparés, variation due à l'action des vents, qui, suivant la direction dans laquelle ils soufflent, accumulent les eaux vers l'une ou vers l'autre rive. La moyenne des quatre opérations, 10 mètres 36 centimètres, doit représenter très sensiblement la différence de niveau par un temps calme.

M. LAMBERT, directeur de l'École polytechnique d'Égypte, adresse un Mémoire ayant pour titre: *Mécanique géométrique.*

(Commissaires, MM. Arago, Cauchy, Babinet.)

M. Breguet fils présente un *thermométrographe* de son invention.

L'appareil se compose principalement d'un thermomètre métallique qui ne diffère de ceux dont on fait ordinairement usage, qu'en ce que l'aiguille et le cadran occupent la partie supérieure.

A chaque heure une bascule mise en jeu par un mouvement d'horlogerie, presse l'extrémité de l'aiguille contre le limbe du cadran et y imprime une marque qui indique ainsi la température correspondante à cette heure; cela fait, l'aiguille reprend sa liberté. Cependant la plaque qui porte le cadran se déplace horizontalement, de telle manière que quand une heure s'est écoulée, un nouveau cercle, concentrique comme le premier à l'axe du thermomètre, se trouve sous le trajet de l'extrémité de l'aiguille, et reçoit de même une marque qui indique la nouvelle température. Bref, dans l'espace de 24 heures, 24 marques sont imprimées sur autant de cercles différents, et comme ces arcs sont tracés sur une feuille de papier qu'on remplace chaque jour par une autre semblable, on a, dans l'ensemble des feuilles, pourvu qu'elles soient datées, un véritable registre d'observations horaires de température.

(Commissaires, MM. Arago, Savary, Pouillet, Gambey.)

M. Laignel présente un appareil destiné à mesurer la *vitesse des eaux courantes* à diverses profondeurs. L'auteur pense que cet instrument pourrait être substitué avec avantage au loch dont les marins font usage, du moins dans certaines circonstances où l'on tient plus à la précision du résultat qu'à la promptitude de l'opération. Il propose aussi de l'employer comme anémomètre.

(Commissaires, MM. Poncelet, Coriolis, Piobert.)

M. Fouard propose un *moyen d'utiliser pour des transports par terre certains cours d'eau que leur vitesse et leur peu de volume rendent impropres à la navigation.*

En établissant des rails des deux côtés d'un canal étroit et à pente rapide, on ferait remonter ce canal à des chariots dont un essieu serait l'axe d'une roue à aubes courbes à la Poncelet, prise en-dessous par le courant. M. Fouard pense qu'à l'aide d'un semblable système, il serait facile de faire remonter des fardeaux le long du Gave jusqu'à une grande hauteur.

M. Fouard adresse également de Nay (Basses-Pyrénées) différents projets de *roues hydrauliques*, entre autres un dessin de roue noyée, à axe vertical et à palettes mobiles.

(Commissaires, MM. Savary, Poncelet, Coriolis.)

M. Fonvive adresse un Mémoire ayant pour titre: *Du Calcul différentiel appliqué à la détermination des polygones réguliers.*

(Commissaires, MM. Sturm, Liouville.)

M. Boquillon met sous les yeux de l'Académie différents bas-reliefs en cuivre, obtenus par ses *procédés galvano-plastiques*. Quelques-uns de ces échantillons ont été dorés, afin de montrer que les produits obtenus par ce moyen peuvent sans difficulté recevoir une belle dorure.

M. Boquillon présente aussi un petit appareil à l'aide duquel on pourra rendre visibles dans les cours publics tous les effets de ce nouvel art. Cet appareil a été construit par M. Lerebours.

CORRESPONDANCE.

M. Cordier fait hommage à l'Académie de la 3e livraison de l'*Atlas du Mineur et du Métallurgiste*, recueil de dessins lithographiés, relatifs à l'exploitation des mines et aux opérations métallurgiques, exécutés par MM. les élèves de l'École royale des Mines, sous la direction du conseil de l'École.

M. de la Rive adresse à M. *Arago* plusieurs cuvettes de montre et autres objets en laiton ou en argent, dorés par le *procédé électro-chimique* qu'il a fait connaître dans une précédente communication.

« L'opération, dit M. de la Rive, a été exécutée par M. Droin, de la maison Bautte et compagnie, en suivant ponctuellement toutes les prescriptions du procédé, tel que je l'ai indiqué. On peut voir que le succès a été complet. Cependant, je suis porté à croire que les perfectionnements que M. Bergeon a introduits ont pour effet de produire des dorures plus épaisses et probablement plus durables.

» M. Droin a fait de curieuses observations sur l'influence de l'état des surfaces et de l'homogénéité du métal. Il a remarqué que la couleur de la dorure varie suivant la nature du métal qu'on soumet à l'opération, toutes les autres circonstances étant d'ailleurs les mêmes. Ainsi le laiton du Tyrol prend une dorure d'un jaune pur, le laiton ordinaire une dorure d'un jaune rougeâtre. Les surfaces guillochées se dorent aussi bien que les surfaces unies, comme on peut le voir d'après les échantillons que j'envoie. »

M. Brunner écrit de Berne pour annoncer l'envoi d'un Mémoire qu'il a publié dans les Annales cliniques de Heidelberg, sur des *observations météorologiques* faites en *Sénégambie*. A son retour d'Afrique, M. Brunner a envoyé à plusieurs personnes établies dans ce pays les instruments nécessaires pour la continuation des observations qu'il avait faites et qui n'embrassaient pas l'espace complet d'une année. Les observations hygrométriques, en particulier, semblent devoir donner des résultats fort curieux. M. Brunner prie l'Académie de vouloir bien seconder ses efforts sur ce point, en témoignant l'intérêt qu'elle prend à la question.

médecine. — *Sur l'action thérapeutique de l'air comprimé.* — Extrait d'une Lettre de M. Tabarié à M. *Arago*.

« Depuis l'époque où j'ai eu l'honneur de faire à l'Académie une première communication sur ma méthode pneumatique, les faits se sont multipliés de manière à me permettre de présenter aujourd'hui avec une nouvelle confiance l'expression générale qui les résume. J'ai d'autant plus de motifs en ce moment de le faire, que l'imitation s'étant déjà saisie de mes procédés, tend à dénaturer, et dans leur principe et dans leurs conséquences, les vraies applications que j'ai découvertes. Je ne parlerai aujourd'hui que de l'influence qu'exerce sur toute l'habitude du corps l'augmentation de la pression.

» Cette influence est signalée par deux principaux traits qui en forment les caractères distinctifs :

» 1°. L'air condensé réagit sur la circulation en la ralentissant; et en même temps qu'il diminue le nombre des battements du cœur, il en régularise le rhythme.

» Ces phénomènes, qui sont peu sensibles dans un état normal de santé et sous l'action d'expériences brèves ou imparfaites, deviennent très marqués dans les cas de maladies inflammatoires ou fébriles, lorsque toutefois les conditions expérimentales sont convenablement remplies et suffisamment soutenues. Dans les cas exceptionnels où la circulation prend de la fréquence, la vertu curative de l'air condensé échoue d'ordinaire, et la manifestation de ce symptôme est presque un signe d'insuccès; mais l'abaissement du pouls n'est pas non plus un signe infaillible de guérison : car j'ai hâte de dire qu'il est des classes nombreuses de maladies dans lesquelles la condensation réussit peu, les névroses, par exemple; et alors

souvent la fréquence du pouls diminue sans que la guérison vienne à la suite.

» 2°. L'air condensé n'influence pas la calorification générale comme le ferait un air plus riche en oxigène; car bien loin d'exalter cette fonction, ainsi qu'on s'est plu à l'imaginer par analogie, il la modère et, dans certains cas, il va même jusqu'à l'affaiblir.

» Ce fait, que j'annonçai en 1838, avec quelque timidité, s'est manifesté depuis lors avec une nouvelle évidence. Non-seulement l'usage du bain d'air comprimé ne développe aucune chaleur insolite à l'intérieur du thorax, mais, au contraire, il incline à produire une sensation générale de froid, alors même que la température des appareils est supérieure à celle qui règne au dehors; et chez quelques sujets où ce sentiment de réfrigération est plus marqué, on observe qu'il s'accroît avec la durée et l'élévation du degré des bains. On sait que les ouvriers qui séjournent long-temps et à une grande pression, sous la cloche du plongeur, en sont chassés par un froid qui n'est point en rapport avec la température du milieu dans lequel ils travaillent. Ce fait particulier trouve peut-être son explication dans les phénomènes que je signale, et devient réciproquement une confirmation de l'explication qui l'éclaire.

» J'ai dit, dans mon premier Mémoire, combien les propriétés sédatives de l'air comprimé et son mode d'agir semblaient devoir en faire un agent précieux dans les maladies des organes de la respiration. Mes nouvelles observations tendent puissamment à confirmer cette espérance; elles montrent, de plus, qu'on obtient de meilleurs résultats à des pressions médiocres qu'à des degrés plus élevés : $\frac{2}{6}$ d'atmosphère réussissent mieux que $\frac{2}{3}$.

» Mais pour bien constater l'action de l'air condensé, il faut expérimenter avec toutes les précautions que j'ai indiquées dès l'origine, de manière à écarter les effets complexes qui dérivent des brusques transitions; car celles-ci peuvent donner lieu à des phénomènes diamétralement inverses de ceux qui proviennent d'une compression uniforme et soutenue; ainsi, par exemple, cette compression abaisse la circulation du sang; les transitions non ménagées l'élèvent et la troublent; la compression arrête et dissipe les hémorragies, les transitions brusques les peuvent faire naître, etc.

» Ce contraste fait sentir l'impérieuse nécessité de consacrer un temps suffisant au passage bien gradué d'un état de pression à un autre. Il ne faut guère moins d'une demi-heure pour opérer cette transition : dès lors

on voit quelle confiance peuvent mériter les résultats de certaines expériences dont la durée entière n'a jamais dépassé vingt minutes..... »

M. TABARIÉ adresse en outre un *paquet cacheté* portant pour suscription : *Sur l'emploi thérapeutique et hygiénique de l'oxigène*, et sur un nouveau procédé pour obtenir ce gaz à bas prix.

L'Académie en accepte le dépôt.

L'Académie accepte également le dépôt de deux autres *paquets cachetés* déposés, l'un par M. WALTER, l'autre par M. F. HATIN.

A 4 heures ½ l'Académie se forme en comité secret.

COMITÉ SECRET.

M. CORIOLIS, au nom de la Commission chargée de décerner le prix de Mécanique fondé par M. de Montyon, concours de 1839, fait un rapport dont les conclusions sont d'accorder le prix à M. ARNOUX, pour les dispositions qu'il a imaginées dans le but de diminuer les résistances qu'éprouvent les convois sur les parties courbes des chemins de fer.

L'Académie décide, en outre, qu'une somme de deux mille francs sera ajoutée, par extraordinaire, aux mille francs du prix.

Cette proposition est adoptée.

La séance est levée à 5 heures ¼. A.

Errata. (Séance du 1er juin.)

Page 869, ligne 8, *au lieu de* a lieu du N. N. O. un peu N. au S. S. E. un peu S., *lisez* a lieu du N. N. O. un peu N. O. (ou O.) au S. S. E. un peu S. E. (ou E.).

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

L'Académie a reçu dans cette séance les ouvrages dont voici les titres :

Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie royale des Sciences; 1er semestre 1840, n° 26, in-4°.

Ostéographie, ou description iconographique comparée du Squelette et du Système dentaire des cinq classes d'Animaux vertébrés; par M. DE BLAINVILLE; 6e fascicule in-4°, et atlas in-fol.

Atlas du Mineur et du Métallurgiste; 3e année, in-fol.

Annales maritimes et coloniales; par MM. BAJOT et POIRRÉ; juin 1840, in-8°.

Annales de la Société royale d'Horticulture de Paris; juin 1840, in-8°.

Mémoire de Géozoologie sur les Coquilles fossiles de la famille des Néritacées, observées dans les terrains tertiaires du bassin de l'Adour, aux environs de Dax (Landes); par M. GRATELOUP; Bordeaux; in-8°.

Description d'un fragment de mâchoire fossile d'un genre nouveau de reptile (Saurien) de taille gigantesque voisin de l'Iguanodon, trouvé dans le grès marin, à Léognan, près de Bordeaux (Gironde); par le même; in-8°.

Ophthalmie des Armées. — Rapport à M. le Ministre de l'Agriculture, du Commerce et des Travaux publics, sur l'Ophthalmie régnante en Belgique; par M. CAFFE; Paris, in-8°.

Mémoire présenté à l'Académie de Médecine et à l'Académie des Sciences de Paris sur le traitement de la Phthysie non héréditaire et de diverses affections nerveuses par la Pharyngo-Pyrotechnie; par M. DUCROS cadet; Marseille, 1840, in-8°.

Mémoires de la Société des Sciences naturelles de Seine-et-Oise. — Nouveau Mémoire sur la Fermentation; par M. COLIN; in-8°.

Des Organes mâles du genre Targionia, découverts sur une espèce nouvelle du Chili; par M. MONTAGNE; in-8°. (Extrait des *Annales des Sciences naturelles*.)

De l'organisation et du mode de reproduction des Caulerpées, et en particulier du Caulerpa Webbiana, *espèce nouvelle des îles Canaries; par* le même; in-8°. (Extrait des *Annales des Sciences naturelles*.)

Essai sur l'éducation des Femmes; par Mme CLÉMENT, née HÉMERY; Cambrai, in-8°.

Retour de la domination espagnole à Cambrai. — Siége de 1595; *par* le comte DE FUENTÈS; *Mémorial journalier de ce qui est arrivé tant dans la ville qu'au dehors, manuscrit inédit d'un moine de l'abbaye du Saint-Sépulcre;* recueilli par le même; in-8°.

Chant séculaire à l'occasion de l'inauguration du monument érigé le 24 *juin* 1840, *dans la ville de Strasbourg, à la mémoire de Gutenberg; par* M. MERCIER; in-8°.

Bulletin de l'Académie royale de Médecine; n° 17, in-8°.

Recueil de la Société polytechnique; mai 1840, in-8°.

Journal de Chimie médicale, de Pharmacie et de Toxicologie; n° 7, juill. 1840, in-8°.

Journal de Pharmacie et des Sciences accessoires; juil. 1840, in-8°.

Journal d'Agriculture pratique; juin 1840, in-8°.

Journal de la Société générale des Naufrages, dans l'intérêt de toutes les nations, tome 4 (*Instructions sur l'Asphyxie*), in-8°.

Revue zoologique; juin 1840, in-8°.

Journal des Connaissances nécessaires et indispensables, sous la direction de M. CHEVALIER; n° 7, juill. 1840, in-8°.

L'Ami des Sourds-Muets, journal; mai 1840, in-8°.

Beiträge zur.... *Recherches pour servir à l'histoire naturelle des Méduses, des* Cyclops, *des* Loligo, *des* Gregarina *et des* Xénos; *par* M. SIEBOLD; Danzig, 1839, in-4°.

Das Myopodivethoticon.... *Sur un appareil pour guérir la Myopie; par* M. AD.-AR. BERTHOLD; Gottingue, 1840, in-8°.

Gazette médicale de Paris; tome 8, n° 27, in-4°.

Gazette des Hôpitaux, n° 77—79, in-fol.

Gazette des Médecins praticiens; n° 51—53.

L'Esculape; journal des Spécialités; n° 37.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES. — JUIN 1840.

Jours du mois.	9 heures du matin. Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygrom.	Midi. Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygrom.	3 heures du soir. Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygrom.	9 heures du soir. Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygrom.	Thermomètre. Maxim.	Minim.	État du ciel à midi.	Vents à midi.
1	761,54	+23,5		759,34	+25,3		758,82	+27,0		755,65	+23,3		+28,6	+12,0	Serein	E. S. E.
2	752,62	+25,8		751,21	+29,2		749,86	+22,4		754,82	+13,3		+31,7	+13,3	Nuageux	S. S. O.
3	759,52	+16,7		759,62	+16,2		760,02	+16,0		761,35	+11,9		+17,1	+ 8,3	Nuageux	N. O.
4	762,25	+15,0		761,57	+17,2		761,24	+17,0		760,28	+14,4		+18,4	+ 7,2	Couvert	O.
5	757,27	+14,2		756,71	+18,4		755,75	+19,2		755,00	+14,4		+20,9	+10,8	Couvert	S. E.
6	753,90	+20,7		753,43	+23,6		752,90	+26,0		754,84	+17,0		+26,9	+10,5	Beau	E. S. E.
7	757,61	+18,6		757,76	+19,5		757,25	+22,3		757,45	+17,8		+23,2	+14,4	Très nuageux	O.
8	757,67	+21,4		756,75	+23,8		755,83	+24,0		756,35	+20,0		+25,8	+14,0	Nuageux	E. N. E.
9	755,98	+21,5		755,65	+25,5		754,88	+24,4		757,09	+18,1		+28,1	+16,5	Voilé	E. S. E.
10	758,08	+20,2		758,28	+21,5		757,64	+21,9		759,01	+18,7		+24,2	+16,3	Couvert	O.
11	757,98	+19,2		759,47	+21,9		758,70	+25,0		758,57	+20,0		+26,5	+14,2	Très nuageux	O. N. O.
12	758,29	+23,8		757,52	+25,8		756,35	+26,6		755,95	+21,7		+27,9	+13,2	Très nuageux	S. S. O.
13	757,85	+18,5		758,40	+20,9		758,33	+21,9		759,80	+17,4		+22,9	+17,0	Couvert	O.
14	759,57	+22,2		759,79	+24,8		757,04	+26,5		756,88	+20,4		+28,7	+11,3	Beau	S.
15	758,00	+20,9		757,14	+23,0		755,53	+26,2		754,45	+22,6		+28,0	+15,0	Couvert	N. E.
16	754,53	+23,6		755,40	+26,2		755,13	+27,0		756,07	+20,9		+29,1	+16,0	Très nuageux	O.
17	756,20	+22,6		755,76	+21,6		755,27	+18,6		754,22	+16,4		+22,6	+16,1	Gouttes de pluie	S. O.
18	757,43	+16,6		757,64	+20,1		757,98	+19,5		759,31	+15,0		+20,9	+11,8	Très nuageux	O. S. O.
19	759,66	+19,1		758,77	+21,5		757,50	+23,0		756,67	+18,1		+24,0	+ 9,8	Nuageux	S. O.
20	760,32	+17,3		760,98	+20,0		761,18	+20,5		762,89	+16,9		+21,9	+14,0	Beau	O. S. O.
21	761,96	+21,4		760,92	+24,2		759,53	+25,0		757,42	+19,9		+27,1	+11,4	Serein	S. S. E.
22	752,91	+23,3		753,29	+21,4		752,70	+22,4		752,05	+16,4		+24,0	+13,1	Nuageux	O. N. O.
23	751,62	+17,4		750,84	+16,2		750,28	+16,9		750,35	+13,5		+19,4	+11,2	Averses fréquentes	O.
24	750,81	+15,3		750,84	+17,6		751,55	+16,5		754,77	+12,5		+20,1	+ 8,7	Pluie	O. S. O.
25	757,67	+14,8		758,13	+15,5		758,20	+16,9		759,01	+13,6		+17,9	+ 8,9	Couvert	O. N. O.
26	760,42	+13,2		760,63	+16,7		760,48	+18,3		761,36	+15,7		+20,9	+10,2	Couvert	O.
27	761,30	+17,4		760,70	+18,7		760,37	+19,0		760,00	+18,8		+20,1	+12,5	Pluie par moments	N. O.
28	758,60	+21,9		757,59	+21,3		757,07	+20,4		757,57	+16,0		+24,0	+12,4	Couvert	O.
29	758,41	+17,6		758,12	+20,0		757,81	+21,3		758,35	+17,6		+22,8	+12,7	Couvert	E. S. E.
30	757,94	+20,8		757,46	+23,4		756,33	+26,2		756,34	+18,1		+27,0	+13,5	Nuageux	O. S. O.
1	757,64	+19,8		757,03	+22,0		756,42	+22,0		757,18	+16,9		+24,5	+12,7	... Moy. du 1er au 10	Pluie en centim.
2	757,98	+20,4		758,09	+22,6		757,30	+23,5		757,48	+18,9		+25,2	+13,8	... Moy. du 11 au 20	Cour. 2,648
3	757,16	+18,3		756,85	+19,5		756,43	+20,3		756,72	+16,2		+22,3	+11,5	... Moy. du 21 au 30	Terr. 2,569
	757,60	+19,5		757,3[illegible]	+21,4		756,72	+21,9		757,13	+18,0		+24,0	+12,7	.... Moyennes du mois....	+18,3

COMPTE RENDU

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE PUBLIQUE DU LUNDI 13 JUILLET 1840.

PRÉSIDENCE DE M. PONCELET.

La séance s'ouvre par la proclamation des prix décernés et des sujets de prix proposés.

PRIX DÉCERNÉS.

SCIENCES PHYSIQUES.

PRIX DE PHYSIOLOGIE EXPÉRIMENTALE.

RAPPORT SUR LE CONCOURS POUR L'ANNÉE 1839.

(Commissaires, MM. Magendie, Flourens, Serres, de Blainville, de Mirbel, Dumas rapporteur.)

« Parmi les Mémoires présentés au concours de physiologie, la Commission a particulièrement distingué le *travail de* M. Payen, *sur l'amidon*.

» Il serait inutile de retracer ici l'analyse des recherches délicates et nombreuses auxquelles M. Payen s'est livré, depuis quelques années, sur l'amidon ; l'Académie a entendu avec intérêt la lecture des divers Mémoires dont se compose ce grand travail; elle n'a pas perdu de vue les Rapports avantageux dont ils ont été l'objet.

» Ce qui a frappé la Commission dans les recherches de M. Payen, c'est la manière approfondie et complète avec laquelle toutes les questions sont traitées.

» L'étude microscopique des fécules y est envisagée sous toutes ses faces. L'auteur ne se borne point à décrire et à dessiner soigneusement les grains de fécule, à mesurer leurs dimensions; il en fait sous le microscope même une dissection ingénieuse, qui fait disparaître toutes les illusions dont la constitution de ces corpuscules a été le sujet. La rupture des grains de fécule à l'aide de moyens purement mécaniques, leurs altérations par divers agents chimiques, sont mises à profit par l'auteur avec un succès complet.

» La composition chimique des fécules a été l'objet d'un examen si complet, si scrupuleux de la part de M. Payen, qu'on peut la regarder comme bien fixée. Cette analyse était à la fois délicate et importante. Délicate par l'embarras qu'on éprouve à faire entrer l'amidon en combinaison avec des corps bien définis; importante par la place que l'amidon occupe comme faisant le passage entre les matières vraiment organisées et les matières d'une constitution moins complexe, qui appartiennent encore au règne organique, mais qui se rapprochent par la cristallisation, la volatilité ou les propriétés chimiques, des matières minérales proprement dites.

» L'analyse élémentaire de la fécule libre plus ou moins hydratée, celle de la fécule combinée, ont été, pour M. Payen, l'occasion de recherches approfondies et fort exactes, qu'il a étendues à la dextrine, produit dans lequel la fécule se convertit si facilement, comme on le sait.

» Les recherches de M. Payen embrassent toutes les propriétés de l'amidon; elles éclairent quelques points particuliers, que leur connexion avec les études physiologiques nous engagent à rappeler ici.

» Ainsi, M. Payen fait bien connaître l'état de la fécule dans les cellules des plantes, et il explique, à l'aide de ces notions, les propriétés qui se présentent dans les pommes de terre gelées, sous le rapport de l'extraction de la fécule.

» De même, M. Payen consacre de longues recherches à l'examen de l'action de l'eau sur l'amidon. Le caractère particulier de la dissolution est l'objet de nombreuses expériences, qui le conduisent à découvrir que, par la congélation de la dissolution d'amidon, cette substance se sépare de l'eau, et se contracte en une espèce de tissu, que l'eau ne redissout pas par le dégel; fait important, qui trouvera plus d'une application dans l'étude de la vie, et qui distingue la dissolution de l'amidon des dissolutions ordinaires, de la manière la moins équivoque.

» L'auteur a analysé avec le plus grand soin tous les phénomènes qui se passent quand on soumet la fécule à l'action de la chaleur, de l'eau, des acides, des alcalis, de l'iode et de quelques sels. Dans le cours de cet examen, il explique beaucoup de phénomènes dont la physiologie s'est déjà emparée.

» Mais c'est surtout à l'étude des réactions de la diastase sur la fécule à diverses températures et en diverses circonstances de concentration, que l'auteur s'est attaché. Cet examen, exécuté tantôt sous le microscope lui-même, tantôt sur une grande échelle, n'a fait que confirmer les premiers travaux que l'auteur avait exécutés en commun avec M. Persoz. La diastase, par les recherches nouvelles de M. Payen, et par celles de nombreux chimistes qui en ont étudié les effets, a pris place parmi les corps les plus importants dont la chimie se soit enrichie. Elle sera le point de départ des plus belles découvertes de la chimie physiologique.

» Après avoir soumis les fécules à cet examen consciencieux et sévère, qui, s'aidant à la fois du microscope, de l'analyse élémentaire, des réactions chimiques et des principes de la physiologie, arrive enfin à coordonner une foule de faits en quelques préceptes, que la chimie et la physiologie acceptent avec un égal empressement, M. Payen a soumis les matières ligneuses à une étude analogue.

» Les résultats qu'il a recueillis dans ce nouveau champ d'observation, par leur clarté, leur précision et leur nouveauté, démontrent toute la puissance des moyens de recherche adoptés par l'auteur.

» En couronnant le Mémoire de M. *Payen* sur l'amidon, la Commission a voulu montrer tout le prix qu'elle attache à cette alliance des études physiologiques et microscopiques avec les études chimiques ordinaires. C'est là que se trouve en grande partie l'avenir des sciences physiologiques; c'est là que les jeunes savants peuvent espérer les récoltes les plus abondantes et les plus riches à la fois.

» La Commission se serait occupée avec intérêt de l'ouvrage de M. Couverchel, intitulé : *Traité des Fruits*. Cet ouvrage lui aurait paru très digne de l'Académie, par les recherches qu'il renferme sur la maturation des fruits; mais celles-ci ayant déjà été favorablement accueillies dans un concours antérieur, la majorité de la Commission a cru que l'Académie ne pouvait pas en faire l'objet d'une nouvelle décision.

» Enfin, la Commission a jugé convenable d'ajourner pour un concours nouveau, et en réservant les droits de l'auteur, le Mémoire sur la respiration des grenouilles, des salamandres et des tortues, inscrit sous le n° 4,

dont l'auteur s'était fait connaître trop tard pour que la Commission pût répéter ses expériences avec son concours. »

PRIX RELATIF AUX ARTS INSALUBRES.

RAPPORT SUR LE CONCOURS DE L'ANNÉE 1839 POUR LES ARTS INSALUBRES.

(Commissaires, MM. Dumas, Chevreul, d'Arcet, baron Thenard, Poncelet et Savart.)

« La Commission n'a eu qu'un petit nombre de pièces à examiner, parmi lesquelles deux lui ont paru dignes des encouragements de l'Académie : le lit de sauvetage, imaginé par le docteur Valat, et le système appliqué par M. Laignel aux courbes des chemins de fer.

Prix de deux mille francs, en faveur de M. Valat, *pour son lit de sauvetage appliqué dans les mines.*

» M. le docteur Valat a imaginé un lit de sauvetage, propre à se rouler commodément dans les galeries des mines, les plus basses et les plus étroites, et à s'élever dans les puits au moyen des appareils d'extraction ordinaires. Les mineurs blessés ou asphyxiés dans les travaux, y étant placés, se trouvent à l'abri de tout choc, de toute agitation, de tout déplacement brusque. Leur transport se fait donc sans qu'il en puisse résulter aucun de ces accidents qui aggravent les douleurs des malheureux blessés; il se fait plus vite, ce qui rend plus efficaces les soins qu'on peut donner aux mineurs asphyxiés par le dégagement du gaz carbonique, auquel beaucoup de mines sont sujettes.

» La Commission ayant pris connaissance des rapports faits par notre confrère, M. Cordier, des renseignements fournis par plusieurs ingénieurs ou propriétaires de mines, a pensé que l'expérience avait suffisamment établi l'efficacité du lit de sauvetage imaginé par M. le docteur Valat.

» Elle espère qu'en décernant un prix de 2 000 francs à cet appareil, ce sera un moyen d'en propager l'emploi dans toutes les mines et d'y répandre les bienfaits d'une invention déjà éprouvée.

Encouragement de quinze cents francs, en faveur de M. LAIGNEL, *pour un système destiné à prévenir les accidents sur les courbes pour les chemins de fer.*

» M. Laignel, auteur d'un dispositif particulier ayant pour objet de soustraire les waggons des chemins de fer aux accidents qu'ils éprouvent dans le système ordinaire, lors de leur passage, à de grandes vitesses, sur des courbes d'un petit rayon, s'est présenté au concours pour les arts insalubres. Ces accidents, qui proviennent moins de l'action immédiate de la force centrifuge, comme on l'avait supposé primitivement, que de la fixité et du parallélisme des essieux, en vertu desquels le rail extérieur tend à être écharpé et surmonté par le rebord oblique des roues; ces accidents qui se sont principalement manifestés aux chemins de fer de Saint-Étienne à Lyon et Andrezieux, dont l'ancien tracé offrait des courbes d'un petit rayon, ont vivement appelé la sollicitude de l'administration des ponts-et-chaussées de France, qui a successivement prescrit de porter la valeur minimum de ce rayon à cinq cents, huit cents et mille mètres.

» L'expérience de tous les jours démontre néanmoins qu'un tel développement des courbes, qui entraîne à sa suite des difficultés de tracé et des accroissements de dépense considérables, est loin de satisfaire aux exigences de la question, et d'assurer la parfaite sécurité des voyageurs, non plus que la conservation des rails.

» Dans cet état de choses, diverses tentatives ont été faites, tant en France qu'en Angleterre, pour porter un remède plus ou moins efficace aux graves défauts dont il s'agit, indépendamment de l'agrandissement des courbes. Sans entrer dans des explications détaillées, on fera remarquer que les moyens proposés se subdivisent en deux classes, dont les uns ont pour objet de modifier le système actuel des waggons et des locomotives, sans rien toucher à la voie, et les autres, au contraire, de conserver intact ce système, en modifiant plus ou moins le dispositif des rails. C'est à cette dernière catégorie que se rapporte le perfectionnement proposé par M. Laignel, lequel consiste, à proprement parler, dans l'idée de faire tourner les roues extérieures sur leur plus grand rayon ou rebord, au passage des courbes, et à donner ainsi aux trains, à la faveur de la liberté de jeu et du rapprochement des axes ou essieux, une tendance naturelle à converger vers le centre, comme le ferait, à peu près, un système de roues coniques, analogue à celui qui avait déjà été employé en Angleterre.

» Les épreuves auxquelles ce système a été soumis, soit en petit, soit en grand, en Belgique comme en France, ont eu lieu en présence de commissions d'ingénieurs, de députés ou de membres de la Société d'encouragement. Ces épreuves ont généralement été favorables au système Laignel, en ce sens qu'elles en ont démontré l'efficacité pour prévenir, sous des vitesses de cinq à huit lieues à l'heure, et des rayons de trente-cinq à cinquante mètres, les accidents résultant de l'usé des rails, de l'échappement latéral de la voie. Les attestations sont unanimes sous ce rapport, et cependant aucune des grandes administrations de chemins de fer n'a même fait la tentative d'un essai du système Laignel; ce qui peut s'expliquer par différents motifs, au nombre desquels il suffira de citer : la nécessité de renforcer, en quelques cas, le rebord extérieur des roues; l'inconvénient de modifier la voie aux raccordements des courbes; l'impossibilité de faire varier le rayon de celles-ci ou la vitesse, sans sortir des bonnes conditions d'établissement du système; enfin, le singulier accroissement de résistance au passage de ces courbes, résultat nécessaire de l'inégalité, de l'obliquité de la marche des roues, et qui sont inhérentes au parallélisme même et à la solidarité des essieux de chaque waggon.

» Hâtons-nous de dire néanmoins, que si l'invention très simple de M. Laignel n'a point encore obtenu l'approbation entière des ingénieurs, ni la faveur d'être appliquée aux chemins de fer de grandes communications, principalement destinés au transport des voyageurs, on ne peut nier, toutefois, qu'elle n'ait reçu une application avantageuse dans beaucoup d'établissements particuliers, tels que les houillères d'Anzin, de Denain, de Douchy, haut et bas Flénu; les chemins de service du canal de l'Ourcq à Lizy, près de Meaux, de l'entrepôt des Marais, de la Villette; plusieurs embranchements du chemin de Saint-Étienne à la Loire, pour le service des usines, etc. Les attestations favorables que M. Laignel a obtenues des directeurs ou ingénieurs de plusieurs de ces établissements, prouvent que son système offre, en effet, dans de pareilles circonstances, une supériorité marquée sur l'ancien, soit par la facilité de tourner dans de petits cercles, soit par la diminution des chances d'accidents auxquelles sont exposés, à présent, les conducteurs de waggons.

» La Commission, sans rien préjuger d'ailleurs sur l'opportunité de l'application de ce système aux grandes voies de communication, et s'en référant, à cet égard, entièrement à la décision de l'administration compétente, a été d'avis que les services déjà rendus par l'auteur à des industries particulières, le zèle et la persévérance qu'il a mis à poursuivre l'objet de

ses premières tentatives, doivent lui mériter, à titre d'encouragement, une part honorable au bienfait du prix fondé par M. de Montyon pour le perfectionnement des arts dangereux ou insalubres. En conséquence, elle propose à l'Académie de lui accorder un encouragement de quinze cents francs. »

PRIX DE MÉDECINE ET DE CHIRURGIE.

RAPPORT SUR LES PRIX DE MÉDECINE ET DE CHIRURGIE POUR L'ANNÉE 1839.

(Commissaires, MM. Breschet, Duméril, Magendie, Serres, Roux, Larrey, de Blainville, Savart, Double rapporteur.)

« Parmi les travaux que la Commission a dû examiner, elle a distingué un Mémoire manuscrit de MM. Serrurier et Emmanuel Rousseau, sous ce titre :

» *Pathologie spéciale des voies aériennes, étudiée chez l'homme et chez certains animaux* (avec atlas grand in-4°, composé de 23 planches coloriées).

» Ce travail embrasse l'histoire pathologique du plus grand nombre des lésions qui établissent leur siége dans les organes de la respiration, par suite de phlegmasies aiguës ou chroniques; et cela tant chez les animaux que chez l'homme.

» La pensée de rapprocher une à une, et de décrire simultanément les maladies de chaque organe dans l'homme et dans les animaux; le laborieux essai d'une Monographie comparée, par MM. Rousseau et Serrurier, encore qu'il laisse beaucoup à desirer, sous le rapport de l'exécution, constitue cependant une tentative qui veut être remarquée et qui mérite qu'on la signale aux hommes d'étude. Dans ce moment surtout, où une marche analogue paraît sur le point de rendre des services importants pour la connaissance d'une autre maladie si grave, la morve, et d'un phénomène plus grave peut-être encore, l'introduction de l'air dans les veines, la Commission émet le vœu que ce genre d'études soit plus généralement cultivé.

» Une liberté entière de faire et de répéter des expériences dans les maladies des animaux, ce qui est impossible en pathologie humaine, où la médecine est exclusivement bornée à l'observation directe; une facilité grande à tenter de nouveaux remèdes, et à forcer les doses dans le premier

cas, ce qui serait souvent funeste dans l'autre; le pouvoir enfin de s'élever ainsi sans crainte et sans regrets à des recherches plus étendues, plus répétées, plus complètes, doivent donner un intérêt immense à ces monographies comparées. Par elles, nous saurons d'ailleurs mieux en quoi se ressemble et en quoi diffère la même maladie, par cela seul qu'elle sévit, soit sur l'homme, soit sur les animaux.

» En continuant avec plus de persévérance et plus de soin ces recherches; en étendant à un plus grand nombre d'espèces d'animaux l'application de ce genre d'études; en multipliant pour chaque mode de lésion les faits d'observation recueillis, tant chez l'homme que chez les animaux; en poussant plus loin les rapprochements, les analogies et les différences, MM. Serrurier et Rousseau auront plus mérité de la science; et l'Académie, sur la proposition de sa Commission des prix Montyon, pourra leur décerner alors d'autres récompenses.

» Le numéro 26, ayant pour titre :

» *Anatomie pathologique avec modèles en relief, par* M. **Félix Thibert**, a pareillement fixé l'attention de la Commission.

» Les pièces pathologiques modelées en relief et publiées par M. le Dr Félix Thibert, d'après un nouveau procédé, promettent à l'art et à la science de grands et de nouveaux avantages. En conservant fidèlement les caractères matériels extérieurs d'un grand nombre de maladies, pour l'enseignement et pour l'étude de la pathologie, et en représentant avec exactitude les altérations des tissus, pour servir aux collections de l'anatomie pathologique, M. Thibert aura rendu un véritable service à la médecine.

» Si l'utilité réelle de l'iconographie a pu être contestée pour l'anatomie physiologique, il s'en faut qu'il en soit de même de l'iconographie appliquée à l'anatomie pathologique. En matière de lésions morbides, les faits sont mobiles, variables, fugitifs à l'infini. De tout temps on a cherché à les fixer pour les reproduire à volonté, d'abord dans des descriptions empruntées de la langue écrite, puis à l'aide du dessin et de la gravure; plus tard, par les pièces anatomiques elles-mêmes, conservées de diverses manières, et finalement au moyen des imitations en cire.

» Ce fut un chirurgien français, trop oublié ou même trop méconnu aujourd'hui, Guillaume Desnoues, professeur à Gênes, élève distingué de Malpighi, qui le premier imagina de reproduire avec la cire, la figure et la couleur de toutes les parties de l'anatomie humaine. Il appela à son aide la dextérité d'un habile modeleur sicilien, l'abbé Gaëtano Giulio Zumbo, de Syracuse, pour mettre son projet à exécution. Notre Académie des Sciences,

qui prêta toujours ses encouragements à toutes les inventions profitables aux sciences médicales, loua beaucoup cette entreprise, et se hâta de lui donner son approbation. Ceci se passait en 1701.

»Mais ces différentes reproductions de pièces anatomiques avaient toutes des imperfections et des inconvénients.

» La description écrite, rarement fidèle, se trouve trop souvent empreinte des doctrines du jour, ou altérée par les opinions systématiques de l'auteur; sans compter que, en pareille matière, il faut avoir beaucoup étudié la nature, avant que de savoir lire avec fruit dans les livres.

» Les représentations par le dessin et par la gravure ont surtout contre elles, de traduire beaucoup trop l'expression des sensations de l'artiste. Il y règne une sorte de vague et d'indécision. D'une part on n'a guère là que des surfaces planes, et, d'autre part, les teintes employées pour faire l'ombre, ne sont jamais précisément celles de la lésion.

» Quant aux pièces anatomiques conservées, elles sont d'un secours médiocre pour l'étude. La couleur disparaît et change; les formes se décomposent et se métamorphosent; on n'en peut pas multiplier beaucoup les exemplaires, et il est autant difficile de les toucher que de les bien voir.

» Les reliefs en cire reproduisent aussi trop souvent l'idéal de l'artiste. Ces préparations, pour être bien exécutées, demandent beaucoup de temps, et les modèles changent vite, pour la couleur comme pour la forme; enfin, ces reliefs eux-mêmes s'altèrent, se décolorent, se fendillent, et leur maniement ainsi que leur transport offrent de grands embarras.

» Le mode de représentation adopté par M. Thibert remédie à presque toutes ces défectuosités. En peu d'instants la forme, les saillies, les scissures, la couleur, les teintes de la pièce anatomique, tout est pris avec exectitude, copié avec rigueur et reproduit en totalité. A la grande solidité du carton-pâte, la pièce joint tous les avantages des tons variés, naturels, vifs et durables de la meilleure peinture. Point n'est besoin de dire que l'artiste peut en multiplier fidèlement les épreuves autant de fois que bon lui semble, et que ces préparations sont d'un transport facile aussi bien que d'un prix modéré.

» Les préparations de M. Thibert ont obtenu déjà la sanction de l'Académie royale de Médecine, du Conseil royal de l'Instruction publique et de la Faculté de Médecine. La Commission des prix Montyon se bornera néanmoins, quant à présent, à recommander ces préparations à l'attention de l'Académie. Si la Commission a pensé que M. Thibert ne pouvait guère

faire mieux, elle a du moins émis le vœu qu'il eût produit davantage. Avant d'appeler sur M. Thibert les récompenses du généreux testateur, la Commission a jugé convenable d'attendre que ces préparations, ayant été appliquées à un plus grand nombre de maladies, à l'ensemble des maladies cutanées, par exemple, l'utilité en fût devenue plus pratique; et que, plus nombreuses, plus variées, plus répandues, elles eussent rendu d'autres services au double enseignement de l'anatomie spéciale et de l'anatomie pathologique.

Clinique des maladies des enfants nouveau-nés, vol. in-8°; *par* M. **Valleix**, ancien interne à l'hospice des Enfants trouvés.

» Si Tissot a pu reprocher, avec raison, aux médecins ses prédécesseurs d'avoir trop négligé l'étude des maladies de l'enfance, et la détermination du régime le mieux approprié à cet âge, force nous est de reconnaître que les médecins nos contemporains ont bien profité de la leçon. La place importante que les enfants occupent de nos jours dans la famille, ils la tiennent non moins large dans la série des travaux de notre littérature médicale. Les traités sur les maladies des enfants se succèdent avec rapidité en France.

» Celui que la Commission signale aujourd'hui à l'attention de l'Académie a cela de particulier, qu'il embrasse surtout quelques-unes des maladies propres à la première enfance, à l'enfance qui ne s'éloigne presque pas de l'instant de la naissance : or ce sont aussi les maladies dont en général on s'était occupé le moins.

» Un autre point de vue imprime à ce travail un caractère qui le distingue. L'anatomie pathologique avait été dans ces derniers temps l'objet presque exclusif de toutes les recherches. Il en résulte que l'on connaissait parfaitement les lésions que les maladies laissent après elles dans les organes, mais qu'on éprouvait beaucoup de difficultés à les rapporter à un ensemble de phénomènes morbides bien déterminé, et qui pût faire reconnaître leur existence pendant la vie. Souvent aussi on se trouvait amené à considérer comme des maladies distinctes, des lésions qui, quoique siégeant dans des organes divers, étaient cependant sous la dépendance de la même cause générale, et ne constituaient qu'une seule et même maladie.

» En attachant une importance toute particulière à l'étude de la symptomatologie, sans négliger, tant s'en faut, les considérations prises de

l'anatomie pathologique, M. Valleix est parvenu à éviter ces écueils. Il a donné un véritable caractère de nouveauté à son œuvre, et il a étendu de beaucoup les limites de la symptomatologie liée aux maladies de la première enfance.

» A l'aide de nombreuses observations, M. Valleix a d'abord cherché à déterminer la moyenne des battements du pouls chez les nouveau-nés : il a été conduit à en fixer le nombre à quatre-vingt-dix. Le pouls est par conséquent plus lent à la naissance qu'il ne l'est quelques mois plus tard : et par contre, quelques mois après la naissance, il est beaucoup plus fréquent que chez l'adulte. A partir du sixième ou septième mois de la vie, le pouls est de cent-vingt pulsations par minute, tandis qu'il n'est que de soixante-cinq à soixante-dix chez les adultes.

» M. Valleix a répandu un nouveau jour sur les signes diagnostiques du muguet, maladie qui tient malheureusement la première place parmi celles qui causent le plus de décès à l'hospice des Enfants trouvés, et sur laquelle l'ancienne Société royale de Médecine avait provoqué un concours, qui fut le plus brillant et le plus fécond, peut-être, de tous ceux dont l'histoire de l'art nous a transmis la mémoire.

» Mais c'est surtout la monographie des céphalématomes ou tumeurs sanguines de la tête que M. Valleix a singulièrement élucidée.

» On savait depuis long-temps que des tumeurs sanguines se montraient, peu après la naissance, sur la tête des enfants. Mauriceau, Baudelocque, Moscati, Paletta, Michaelis, Nægelé, Paul Dubois, Velpeau et d'autres, se sont successivement occupés de cette maladie. M. Valleix, qui a eu de fréquentes occasions de l'étudier, n'a pas peu ajouté aux travaux de ses célèbres prédécesseurs. Il a constaté, entre autres, que ces tumeurs sanguines peuvent avoir leur siége sur trois points bien distincts :

» 1°. On les observe sous l'aponévrose. Cette première espèce se présente rarement : elle est causée le plus souvent par des violences extérieures. Elle en a tous les caractères ; elle en subit toutes les conséquences ;

» 2°. La tumeur peut être placée sous le péricrâne. Dans cette espèce, la plus fréquente et la plus grave, il existe un bourrelet osseux qui se forme autour de la tumeur à mesure que celle-ci se développe. Ce bourrelet, soigneusement étudié par M. Valleix, constitue un caractère distinctif de la maladie. Il consiste en une production ostéiforme triangulaire, simplement appliquée par sa base contre l'os, dont on peut facilement la détacher ;

» 3°. Enfin, la tumeur peut être interne, sus-méningienne. Cette troisième espèce, rarement observée, avait à peine été décrite avant M. Valleix.

L'histoire que l'auteur en a tracée complète le tableau de ces tumeurs sanguines de la tête chez les enfants nouveau-nés; maladie désormais mieux connue et plus heureusement combattue.

» La Commission juge convenable d'accorder une somme de *mille francs* à M. le docteur *Valleix* à titre d'encouragement.

» La Commission a l'honneur de proposer à l'Académie de décerner une récompense de *deux mille francs* à M. le docteur **Fourcault**, pour une série d'expériences ingénieuses et neuves consignées dans un Mémoire manuscrit envoyé au concours pour les prix Montyon, sous ce titre :

» *Expériences physiologiques démontrant l'influence de la suppression mécanique de la transpiration cutanée sur l'altération du sang et sur le développement des lésions locales attribuées à l'inflammation.*

» Ce travail se compose de deux parties : 1° d'une série d'expériences faites sur des animaux d'espèces différentes; 2° d'une suite de déductions pathologiques que l'auteur a cherché à en tirer, comme autant de conséquences qui découleraient naturellement de ses expérimentations.

» Ce second point, hâtons-nous de le déclarer, la Commission le met entièrement à l'écart : il est trop loin, de beaucoup, d'avoir reçu un degré suffisant de démonstration.

» La Commission émettra une opinion bien autre sur la partie purement expérimentale de ce travail. M. Fourcault, dans la vue de suivre, sur plusieurs espèces d'animaux, les effets de la suppression de la transpiration, a eu l'idée de revêtir immédiatement de vernis la peau de quelques-uns de ces animaux vivants. Après les avoir convenablement préparés, plumant les uns, tondant les autres, il les recouvre d'un enduit dont la composition varie. Les substances employées à cet effet sont le goudron, la colle de Givet, la dextrine, la poix et divers mélanges emplastiques. C'est tantôt sur l'animal tout entier, et tantôt sur des portions plus ou moins considérables de son corps, qu'il applique la couche de vernis. Les accidents qui suivent cette opération se montrent plus ou moins rapides, plus ou moins graves, selon que l'enduit a été complet ou incomplet, général ou partiel, et aussi plus ou moins étendu. Dans tous les cas, la santé des animaux en est bientôt étrangement altérée, et la vie grièvement compromise. Ceux qui ont été mis en expérimentation sous nos yeux, on les a vus succomber en un, deux, trois jours, et même au bout de quelques heures seulement.

» Dans l'opinion de la Commission, ces expériences sont pleines d'avenir. C'est un nouveau mode de recherches que M. Fourcault aura intro-

duit dans la science. La Commission a pensé qu'il importait d'en doter promptement le domaine public. Livrée à des mains nombreuses, à des esprits variés, répétée d'ailleurs dans des lieux différents, l'expérience de M. Fourcault ne peut manquer de répandre un nouveau jour sur les phénomènes physiologiques et pathologiques placés sous la dépendance de la double fonction d'inhalation et d'exhalation du système cutané.

» Cette expérience veut déjà prendre sa place à côté des travaux supérieurs entrepris sur ce sujet depuis Hippocrate jusqu'à nos jours, et plus particulièrement par Sanctorius, Gorter, Haller, Hales, Keil, Riegels, Rye, Lining, Robinson, Crawford, Blagden, Lavoisier et Séguin, Chaussier, Delaroche et Berger, Anselino, de Blainville, Magendie, Edwards et autres.

» A la suite de tous ces travaux, l'expérience de M. Fourcault conserve un vrai caractère d'originalité. En vain voudrait-on la rapprocher, par exemple, de l'expérience à l'aide de laquelle Lavoisier et Séguin cherchaient de concert, en 1789, à recueillir séparément les produits de la transpiration cutanée et les produits de la transpiration pulmonaire. Voici de quelle manière Lavoisier et Séguin rendaient compte de leur expérience devant l'Académie des Sciences:

« Un habillement de taffetas, enduit de gomme élastique, qui ne laisse
» pénétrer ni l'air, ni l'humidité, nous a servi à séparer tous les phéno-
» mènes de la transpiration cutanée et ceux de la respiration. L'un de nous
» entrait dans cette espèce de vêtement fermé par-dessus la tête, au moyen
» d'une forte ligature. Un tuyau qui s'adaptait à la bouche et qui se masti-
» quait sur la peau, de manière à ne laisser échapper aucune portion d'air,
» lui donnait la liberté de respirer. Tout ce qui appartenait à la respiration
» se passait, par ce moyen, en dehors de l'appareil; et tout ce qui appar-
» tenait à la transpiration cutanée se passait en dedans. »

» Il ne faudrait pas non plus assimiler à l'expérience de M. Fourcault la pensée à peine exprimée par MM. Delaroche et Berger dans leurs belles et leurs courageuses expériences concernant les effets d'une forte chaleur sur l'économie animale. Delaroche et Berger eurent, il est vrai, l'idée d'enduire leur propre corps d'un vernis pour empêcher l'évaporation à la surface de la peau, et arriver ainsi à découvrir la cause à laquelle tient la faculté qu'ont les animaux de produire du froid. Mais, dans le grand travail de MM. Delaroche et Berger, l'expérience n'est pour ainsi dire qu'indiquée. Les auteurs se sont contentés de la mentionner et de la consigner seulement en note dans leur mémorable dissertation.

» L'expérience de M. Fourcault est donc neuve autant qu'elle est impor-

tante. En la signalant de la sorte aux expérimentateurs, l'Académie, nous l'espérons, aura aussi servi la science.

» C'est par l'ensemble de ces considérations que la Commission justifie la demande de *deux mille francs*, à titre de récompense, en faveur de M. le docteur *Fourcault*.

» La Commission a cru devoir attirer l'attention de l'Académie sur l'ouvrage suivant :

Traité pratique du pied-bot; par M. Duval.

» Depuis l'origine de l'art jusqu'à nos jours, la difformité en question n'avait été combattue que par des moyens mécaniques plus ou moins ingénieux, plus ou moins compliqués, mais d'ordinaire insuffisants ou même nuisibles.

» Ces machines s'étaient successivement perfectionnées sans doute depuis l'appareil proposé par Hippocrate, jusqu'aux appareils employés par Venel et par M. d'Yvernois. Il y a cependant cela de vrai que, dans toutes ces machines, on luttait en vain contre la cause la plus générale de la difformité, contre le raccourcissement, soit congénial, soit acquis, des muscles et des tendons.

» La nature ou la cause générale du pied-bot une fois nettement résumée de la sorte et clairement démontrée, il était facile, ce semble, d'en déduire le moyen de guérison le plus rationnel et le plus certain. Déjà, depuis longtemps, la science était en possession de la plupart des éléments propres à la solution de ce problème. Une étude approfondie des cas variés, nombreux, de rupture accidentelle du tendon d'Achille; la connaissance rationnelle des phénomènes qui se manifestent pendant la guérison de cette solution de continuité; la certitude acquise, d'ailleurs, que la rupture des tendons en général, et du tendon d'Achille en particulier, n'est accompagnée, pour l'ordinaire, d'aucun accident redoutable, constituaient comme autant d'indices qui devaient mener tout naturellement à la tentative de la section des tendons malades dans les diverses difformités du pied-bot.

» Ce ne fut cependant qu'en 1782 que Thilenius eut la pensée de faire cesser, au moyen de la section du tendon d'Achille, l'action des muscles qui par leur raccourcissement s'opposent à la restitution normale du pied. Il s'agissait d'un pied-bot équin très prononcé. Le malade avait huit ans. L'opération fut suivie de succès. Il ne paraît pas, du reste, que le médecin saxon ait eu l'occasion de répéter cette ingénieuse opération.

» La voie nouvellement ouverte en Saxe ne fut suivie que vingt-sept ans plus tard, en 1809, par Michaelis de Marbourg. Celui ci eut plusieurs occasions de pratiquer cette opération ; mais, ou il n'avait saisi que d'une manière imparfaite la pensée profonde de Thilenius, ou il ne voulut s'astreindre qu'en partie à copier son modèle. Michaelis fit autrement, mais il fit moins bien que son prédécesseur.

» En 1812, Sartorius guérit un pied équin par la section pure et simple du tendon d'Achille, telle que l'avait indiquée l'habile praticien saxon.

» Au mois de mars 1816, Delpech, l'illustre et trop infortuné chirurgien de Montpellier, qui s'était déjà occupé beaucoup des difformités du corps humain, porta sur les pieds-bots une attention particulière. Il pratiqua une fois seulement l'opération du tendon d'Achille : et quoiqu'il n'eût réussi qu'à grand'peine et après un long temps, ou peut-être même à cause des difficultés de sa réussite, il s'attacha avec opiniâtreté à l'étude de cette maladie et de l'opération qui lui est applicable.

» Le 28 février 1831, Strômeyer, médecin à Hanovre, qui avait médité à fond les ouvrages de Delpech, suivit à peu près exactement la méthode de notre chirurgien de Montpellier. Strômeyer prit seulement des précautions plus grandes, plus fructueuses, pour faire les plaies extérieures aussi petites que possible, afin de s'opposer à l'introduction de l'air dans les plaies et de prévenir ainsi la suppuration et l'exfoliation du tendon.

» La science et l'art en étaient là quand M. Vincent Duval, en 1836, appliqua le premier, à Paris, la section du tendon d'Achille au traitement et à la guérison du pied-bot. Jusqu'à M. Duval, cette opération, pratiquée uniquement pour le pied équin, n'avait guère donné que sept à huit guérisons dans un espace de soixante ans. En moins de cinq ans, M. Duval a eu l'occasion de faire plus de trois cents opérations de cet ordre, et toujours avec succès.

» Enhardi par l'infaillibilité de la ténotomie appliquée au pied équin, M. Duval, agrandissant encore la ligne tracée par Strômeyer, a eu l'idée d'étendre cette opération à toutes les variétés du pied-bot. Il a coupé le tendon du muscle tibial antérieur pour guérir le pied-bot varus ; il a fait la section du tendon du long péronnier latéral pour le pied-bot valgus ; la section du tendon du tibial antérieur, celle de l'extenseur propre du gros orteil, du court fléchisseur, de l'extenseur commun, et du péronnier, dans les cas divers de renversement du pied.

» Les avantages pratiques de la section des tendons ne sont plus con-

testés à présent. Tout ce qu'il y a de chirurgiens habiles en Europe exécutent aujourd'hui ces utiles opérations. De plus, ce procédé opératoire a été étendu aux muscles, aux ligaments, aux aponévroses. Et, grâce aux conceptions fécondes, aux expériences multipliées et aux opérations hardies de M. le docteur J. Guérin, cette partie toute neuve de la thérapeutique chirurgicale est sur le point de constituer une doctrine complète, embrassant tous les faits de section sous-cutanée, dans les circonstances variées et rigoureusement déterminées qui en réclament l'emploi.

» M. Duval, outre ses nombreuses et ses nouvelles opérations de ténotomie, apporte encore, comme titre aux récompenses du legs Montyon, l'ouvrage qu'il a publié sur cette matière. Ce livre, profitable aux gens du monde autant qu'utile aux gens de l'art, entre autres qualités estimables, aura celle de vulgariser chaque jour davantage un procédé curatif assuré.

» La Commission, de son côté, présente avec confiance, comme un droit non moins recommandable, en faveur de M. Duval, les services que ce médecin a rendus dans les hôpitaux de la capitale, par la grande quantité d'opérations de ce genre pratiquées sur des individus de la classe indigente à laquelle l'illustre fondateur de nos prix portait un si vif et si prévoyant intérêt.

» Par ces motifs réunis, la Commission propose d'accorder à M. Vincent *Duval* une récompense de *trois mille francs.* »

Des maladies de la France dans leurs rapports avec les saisons, ou Histoire médicale et météorologique de la France; par M. Fuster.

(Manuscrit sous le n° 37.)

» L'Académie connaît déjà le travail de M. Fuster. Un rapport détaillé par MM. Arago et Double en fit ressortir, il y a près d'un an, les mérites. Nous allons cependant exposer encore une fois brièvement les points les plus neufs et les plus saillants de cet ouvrage.

» L'histoire des constitutions médicales dans les enseignements autant que dans les études pratiques, était dédaignée, méconnue et à peu près abandonnée en entier, depuis environ trente ans. Il fallait remettre le principe en honneur; il fallait en éclairer et en élargir l'application : c'est ce qu'a fait M. Fuster. Depuis qu'il a publié les premières esquisses de son

travail, nos journaux, nos hôpitaux, nos écoles retentissent parfois du bruit de semblables recherches. Rendre de la valeur à une doctrine injustement tenue à l'écart; redonner de la vie à une méthode négligée à tort, et faire rentrer ainsi dans la science et dans l'art les avantages obtenus et les services que l'on peut retirer encore, chaque jour, de ces doctrines et de ces méthodes, c'est tout à la fois et un progrès incontestable et un bienfait assuré.

» Mais là ne se bornent point les titres que présente l'ouvrage de M. Fuster aux prix Montyon.

» Déterminer, en général, les modifications que les saisons impriment à l'économie humaine, et les états pathologiques généraux qui leur correspondent; appliquer ces principes aux saisons et aux états morbides annuels, dans le climat de la France en particulier, tel est le double but de cet ouvrage, et ce but, personne encore ne s'était proposé de l'atteindre.

» Les faits rassemblés par l'auteur montrent que les saisons, considérées en général, nous impressionnent de deux manières, à savoir, par leurs caractères propres, ou ceux qu'elles prennent dans leur constitution spéciale, et par les caractères qu'elles tirent de leurs rapports avec les deux saisons voisines.

» Les rapports des saisons entre elles n'avaient qu'imparfaitement frappé jusqu'à ce jour l'attention des observateurs. Voici en quoi ces rapports consistent :

» Dès le principe et à la terminaison de chaque saison, il y a toujours en présence deux ordres de caractères météorologiques : les caractères de la saison qui commence et les caractères de la saison qui finit. Ainsi, au commencement et à la fin de toute saison, la constitution atmosphérique est nécessairement complexe, et résulte de la combinaison des phénomènes de la saison à sa naissance, avec les phénomènes de la saison à son déclin. Toutefois, les deux saisons en présence ne jouent pas le même rôle à tous les instants de la combinaison. Les faits obligent à formuler de la manière suivante les lois de leurs relations :

» Dans les premiers temps de la combinaison, la saison à la fin de sa course tient la première place; la saison naissante n'occupe que le dernier rang. En d'autres termes, sur les limites de deux saisons, la constitution atmosphérique se partage entre toutes deux; seulement elle penche dans les premiers temps du côté de la saison antérieure, et dans les derniers du côté de la saison à venir.

» A l'aide de ses nombreuses observations, M. Fuster a pu assigner les

conditions sous l'action desquelles l'état de l'air se soumet les modifications de l'économie. Il a vu que les vicissitudes de la saison, de même que le froid et le chaud atmosphériques, n'affectent efficacement le corps humain que lorsque ces vicissitudes sont à la fois durables et continues. Il a indiqué les signes positifs du concours de ces trois conditions.

» Toute cette partie de l'ouvrage de M. Fuster est entièrement neuve; elle repose sur des observations météorologiques aussi importantes par leur exactitude que par leur originalité.

» Ces observations, recueillies avec patience, et directement, sur des individus d'âge, de sexe, de condition et de tempérament divers, ont fourni des éclaircissements féconds aux applications cliniques. Les états morbides correspondants aux saisons, les états morbides correspondants aux climats, les états morbides correspondants aux intempéries; ici tout se lie, tout s'enchaîne, tout s'éclaire réciproquement: et l'application de ces principes à l'histoire médicale des saisons et à l'histoire des maladies qui en dépendent, en France, devient le point culminant de ce travail.

» Il résulte, par exemple, de cette masse de faits, qu'en France il règne tous les ans, à tour de rôle, au printemps, des affections catarrhales inflammatoires; en été, des affections catarrhales bilieuses; en hiver, des affections inflammatoires; que les quatre affections de l'année se combinent aux deux extrémités de leur course, de manière à produire des constitutions médicales complexes, où l'on voit dominer alternativement, suivant des lois connues, l'une et l'autre des affections en combinaison. Il en résulte encore que des affections intempestives troublent souvent la succession des affections régulières annuelles, et que les localités et les expositions y introduisent des différences notables, bien dignes de fixer l'attention.

» Il résulte enfin des mêmes observations, que, quoique l'on voie chez nous régner annuellement les quatre affections cardinales, cependant, à raison des vicissitudes permanentes de notre constitution atmosphérique, les affections catarrhales, suite nécessaire de ces vicissitudes, dominent à peu près dans tous les temps.

» Ainsi donc, sous le rapport de la météorologie, M. Fuster, par des milliers d'observations dirigées sur les individus de différentes classes de l'espèce humaine, tant dans les pays du Nord que dans les contrées du Midi, a beaucoup ajouté aux résumés publiés par Réaumur, Cassini, Lalande et autres.

» Et quant à la partie médicale, M. Fuster a résumé et rédigé en corps de doctrine les travaux épars et bien choisis de nos meilleurs observateurs des constitutions médicales. Des faits en très grand nombre et d'une valeur

non moins remarquable, recueillis dans le midi et le nord de la France, répandent aussi sur cette deuxième partie les plus vives lumières. C'est surtout dans les lieux où, en France, les caractères des saisons se trouvent plus prononcés, plus intenses et plus durables, qu'il était naturel, qu'il était utile d'aller puiser et les modifications météorologiques des saisons, et les états morbides qui leur sont subordonnés. Ainsi a procédé M. Fuster, et l'on peut pressentir avec quel fruit.

» De ces deux éléments de l'ouvrage, il est résulté une appréciation plus exacte de l'action des saisons sur l'organisation animale, et une détermination plus rigoureuse de la nature des maladies qui leur correspondent. Des vues plus sûres concernant la cause générale des maladies vulgaires; des indications thérapeutiques mieux établies, par rapport à ces mêmes maladies, sont à leur tour la conséquence naturelle de ces importantes recherches.

» La Commission propose d'accorder à M. *Fuster*, à titre de récompense, une somme de *trois mille francs.* »

SCIENCES MATHÉMATIQUES.

RAPPORT SUR LE PRIX D'ASTRONOMIE POUR L'ANNÉE 1839.

(FONDATION DE M. DE LALANDE.)

(Commissaires, MM. Arago, Savary, Bouvard, Mathieu et Damoiseau.)

« La *Médaille fondée par Lalande* est décernée, en 1839, à M. Galle, astronome adjoint à l'Observatoire royal de Berlin.

» Le but du fondateur de la médaille était, en première ligne, d'exciter les observateurs à s'occuper avec assiduité de la recherche des comètes télescopiques. L'Académie ne pouvait donc pas hésiter à décerner cette honorable récompense à l'habile astronome qui, dans le court intervalle de quatre-vingt-dix-sept jours, a découvert trois comètes : la première, le 2 décembre 1839; la seconde, le 25 janvier 1840; la troisième, le 6 mars 1840. Il faut ajouter que M. *Galle* a calculé les éléments paraboliques des nouveaux astres d'après ses propres déterminations, et qu'en comparant l'orbite de la comète du 6 mars à celle d'une comète observée à Péking en 1097, et à la marche suivie par une comète plus moderne, il est devenu très probable que l'astronome de Berlin a enrichi notre système d'un nou-

vel astre périodique, dont la révolution autour du Soleil ne doit pas surpasser trois cent soixante-dix années. »

RAPPORT SUR LE CONCOURS POUR LE PRIX DE MÉCANIQUE POUR L'ANNÉE 1839.

(FONDATION DE M. DE MONTYON.)

(Commissaires, MM. Ch. Dupin, Poncelet, Séguier, Gambey, Coriolis rapporteur.)

« Le seul Mémoire adressé à temps à l'Académie pour le concours de 1839 a pour objet la description d'une machine hydraulique appelée par l'auteur bélier à une seule soupape. Cette machine, dont la destination est de remonter à un niveau supérieur une partie de l'eau qui sort d'un réservoir, a paru avoir trop d'analogie avec une autre machine qui a déjà valu un prix l'année dernière au même auteur, pour qu'elle pût être l'objet d'une nouvelle récompense.

» M. Lalanne, ingénieur, a présenté au concours, mais après le délai fixé, une addition très ingénieuse et très utile au planimètre de MM. Ernst et Opiköffer. Cet instrument n'ayant été imaginé et rendu public par son auteur qu'en 1840, votre Commission, tout en lui réservant ses droits pour le prochain concours, n'a pu l'admettre à celui de 1839.

» Votre Commission, dont le droit et même le devoir est de choisir parmi les inventions publiées dans le délai fixé, celles qui sont à la fois les plus ingénieuses et les plus utiles aux progrès de l'industrie, a distingué le *système de waggons articulés* de l'invention de M. Arnoux.

» Un rapport présenté à l'Académie par l'un de ses membres, M. Poncelet, en avril 1838, au nom d'une Commission composée de MM. Arago, Dulong, Savary, Poncelet et Séguier, a déjà décrit complétement les dispositions imaginées par l'auteur pour diminuer les résistances qu'éprouvent les convois sur les chemins de fer, au passage sur les courbes d'un petit rayon. Ce rapport a fait connaître à l'Académie que ces dispositions étaient bien conçues et qu'on devait en attendre de bons résultats dans l'application. Depuis lors, M. Arnoux, dans le courant de 1839, a fait exécuter en grand son système sur un chemin d'essai à Saint-Mandé, et l'a fait fonctionner devant une Commission nommée par l'Académie. Les Commissaires chargés de décerner

le prix de Mécanique ont assisté aux expériences. La traction a été mesurée en leur présence avec le dynamomètre de M. Morin, tant sur le chemin d'essai que sur le chemin de Saint-Germain pour des waggons ordinaires. Il résulte des expériences comparatives qui ont été relevées avec soin, que la résistance que présentent les convois de M. *Arnoux* n'est pas plus grande pour des courbes de 50 mètres de rayon que pour des parties en ligne droite ; et que pour ces dernières elle semble à peu près la même que pour le système ordinaire employé sur le chemin de Saint-Germain.

» En conséquence, votre Commission, considérant que le système des waggons articulés de M. *Arnoux* a subi, sur une échelle très étendue, des épreuves qui en démontrent l'utilité pour diminuer la résistance des convois dans le passage sur les petites courbes des chemins de fer, est d'avis que cette invention mérite le prix de Mécanique fondé par M. Montyon pour l'année 1839, et qu'il soit accordé à son auteur la totalité de la somme disponible de *mille francs* à laquelle on ajoutera, par extraordinaire, une somme de *deux mille francs.* »

RAPPORT SUR LE CONCOURS DE 1839, POUR LE PRIX DE STATISTIQUE.

(FONDATION MONTYON.)

(Commissaires, MM. Ch. Dupin, Cordier, Sylvestre; Costaz et Mathieu rapporteurs.)

« Les ouvrages envoyés au concours sont au nombre de neuf : tous ne sont pas dans les conditions nécessaires pour y être admis, ou pour mériter, sous le rapport de la statistique, l'attention de l'Académie. Deux sont tout-à-fait étrangers à cette science; d'autres, à quelques variations près, qui tiennent à la différence des époques et non à la nouveauté des matières, sont la répétition d'ouvrages déjà mentionnés dans les concours précédents; enfin, il en est qui traitent des sujets trop restreints.

» Les concurrents ne devraient jamais perdre de vue que ce prix a été spécialement fondé pour encourager les recherches utiles à la statistique de la France.

» Nous réservons pour un autre concours un travail qui ne s'étend pas encore à toute la France; cependant nous allons en donner une idée, à cause de son importance.

» Nous annonçons avec satisfaction à l'Académie que M. *Vicat* continue ses recherches sur les substances calcaires propres à fournir des ciments ou des mortiers hydrauliques. Ses premières recherches ont partagé, en 1837, le prix de Statistique : elles s'étendaient à dix-huit départements, situés dans les bassins du Rhône et de la Garonne, et présentaient l'essai de mille cinq cent cinquante-sept échantillons calcaires. M. Vicat a envoyé au concours du 1839, pour vingt-quatre départements, un travail qui comprend l'examen de deux mille neuf cent cinquante-trois échantillons, recueillis dans autant de gisements différents ; en sorte que, dans leur ensemble, ses explorations s'étendent déjà à quarante-deux départements, et que ses comptes rendus caractérisent quatre mille cinq cent dix échantillons de substances calcaires, sous le rapport de leur plus ou moins d'aptitude à former des ciments ou des mortiers hydrauliques.

» Pendant que M. Vicat poursuit le cours de ses investigations, sa méthode se perfectionne et s'agrandit : il avait pensé, d'abord, qu'une pierre calcaire ne pouvait jouir de la propriété de donner un mortier hydraulique, si elle ne contenait pas de la silice et de l'alumine combinées dans certaines proportions ; mais il a constaté depuis que la magnésie, lorsqu'elle est en proportion convenable, suffit même seule pour communiquer l'hydraulicité à des chaux parfaitement pures. Jusque alors les investigations et les essais portaient seulement sur les pierres à base argileuse ; les pierres magnésiennes demeuraient en dehors des recherches. Il est probable que, dans les départements étudiés avant cette découverte, on a laissé de côté des pierres qui pourraient donner des chaux hydrauliques. C'est une lacune que les ingénieurs employés sur les lieux sont appelés à combler.

» Cette propriété de la magnésie aura dans la pratique d'importantes conséquences : elle met en valeur des variétés de dolomies qui existent par masses, souvent considérables, et qui étaient négligées parce qu'on ne les croyait pas susceptibles de recevoir l'emploi étendu et utile que leur donne aujourd'hui la découverte de M. Vicat.

» La publicité donnée aux résultats des premières investigations de M. Vicat, a déjà produit des fruits importants.

» Les travaux actuels de cet ingénieur sont en quelque sorte le complément du service éminent qu'il rendit aux arts de construction architecturale, lorsque le premier il établit la véritable théorie des ciments et des mortiers hydrauliques. Aujourd'hui, il met à la disposition des constructeurs les moyens matériels nécessaires pour passer de la théorie à

l'exécution. Il leur fait connaître des gisements qui sont souvent dans le voisinage de leurs travaux, et où ils trouvent des matières qu'ils ne pouvaient se procurer qu'en les faisant venir de loin et à grands frais, ce qui en rendait parfois l'emploi impossible.

» Les ingénieurs et les architectes chargés de grands travaux, sont avertis qu'ils peuvent augmenter la solidité des constructions et en diminuer la dépense, en s'assurant, par une étude préliminaire, des ressources que les contrées circonvoisines peuvent fournir en chaux hydrauliques.

» Des pays que l'on croyait dénués de ce genre de ressources, sont sur le point de s'en voir abondamment pourvus. Lyon, pour citer un exemple, est dans ce cas. Cette ville est assise sur les bords de deux grandes rivières, l'emploi des mortiers hydrauliques y est en quelque sorte forcé; mais les constructeurs n'avaient pour les composer que des moyens incomplets et coûteux. On a découvert tout récemment sur les bords du Rhône, à quelques myriamètres en amont de Lyon, une carrière qui pourra, en quelques heures de navigation, fournir à cette ville de la chaux hydraulique à un prix modéré. Cette découverte est encore due à M. Vicat.

» Les travaux de M. Vicat feront époque dans l'art de bâtir; ils auront sous le rapport économique des conséquences d'une haute importance. Des substances pierreuses qui existent en abondance près de la surface du sol, étaient généralement rebutées comme inertes et inutiles. En faisant connaître leurs propriétés, en leur assignant un emploi, il les a mises en valeur, elles sont devenues un objet de commerce. Déjà, dans quelques départements, des exploitations considérables se sont établies, pour fournir des chaux hydrauliques aux travaux publics et particuliers. On peut dire, avec vérité, que M. Vicat, par ses recherches et par l'application pratique de leurs résultats, a augmenté la richesse du sol de la France.

» L'Académie avait accordé à M. Vicat une distinction qui marquait tout l'intérêt qu'elle mettait à son premier travail. La mention que nous venons de faire de celui qu'il nous a récemment communiqué, prouve qu'il est toujours digne des encouragements de l'Académie. Lorsque la tâche que M Vicat s'est imposée sera remplie, lorsqu'il aura terminé ses laborieuses et importantes recherches, il pourra faire valoir des droits aux récompenses que l'Académie sera dans le cas de décerner: nous pensons que ces droits doivent être réservés.

» Passons maintenant aux pièces du concours actuel.

» Les statistiques départementales sont dans des conditions particu-

lières : composées principalement pour l'utilité du département, elles doivent souvent renfermer des détails descriptifs et historiques étrangers à la statistique, et beaucoup de tableaux extraits d'états officiels, dont le public est déjà en possession. Mais il est peu de départements où il ne se rencontre des faits d'un ordre spécial, qui présentent un intérêt véritable et dont l'existence n'a pu être prévue dans la rédaction des cadres des états officiels, préparés pour la généralité du royaume. En constatant ces faits, en les déterminant avec toute la précision que l'on peut atteindre, en les exprimant par des chiffres coordonnés méthodiquement, on peut réellement enrichir la statistique de la France. Le rapprochement de faits analogues recueillis dans plusieurs départements, peut amener des résultats dignes d'attention. Ces considérations font sentir que les statistiques départementales doivent être l'objet d'un sérieux examen. Quand elles seront achevées pour toute la France, elles seront réunies en collection dans les bibliothèques, et il est à desirer, pour éviter toute disparate, que l'on adopte un seul format: l'in-quarto, par exemple, qui se prête bien à recevoir des tableaux.

» Les statistiques des départements de Saône-et-Loire et de la Charente-Inférieure ont été envoyées au concours de 1839; elles ont été imprimées dans le format in-4°, avec soin, à Mâcon et à La Rochelle, et publiées sous les auspices des préfets et des conseils-généraux de ces départements.

» La *Statistique du département de Saône-et Loire* a été rédigée par M. Ragut.

» Les détails locaux y dominent; cependant on y trouve des faits dont l'intérêt n'est pas concentré dans les bornes du département. Un grand nombre d'observations météorologiques, continuées pendant plusieurs années, ont servi à déterminer les moyennes thermométriques et barométriques, la quantité moyenne de pluie qui tombe chaque année, le régime des vents, et particulièrement les vents dominants et l'influence de chacun d'eux sur les météores aqueux. La plupart de ces observations, celles qui présentent la suite la plus continue, ont été faites par M. Benon des Chânes, observateur exact, instruit, et muni de bons instruments. Il a eu soin de donner l'altitude du lieu où elles se faisaient, de décrire la configuration du territoire environnant, et d'indiquer les accidents des montagnes, qui, par leur position et leur élévation, peuvent modifier la direction des vents et leurs effets. Des observations faites avec cet ensemble et cette suite sont d'un intérêt général. Il est à souhaiter qu'elles se multiplient sur la surface de la France, avec le même soin et la même in-

telligence. Elles pourront conduire à des résultats précieux pour la science et pour l'agriculture.

» Les étangs sont une des spécialités du département qui nous occupe; il en a environ deux mille : la plus grande partie est située à l'est de la Saône, dans ce que l'on appelait autrefois la Bresse châlonnaise. M. Ragut a dressé un état indicatif de leur position et de leur étendue superficielle. Cette portion du territoire est soumise à un assolement particulier; la culture par la charrue y alterne avec la production du poisson. Cet assolement est assez généralement triennal : on distingue ces deux manières d'exploiter par les noms *évolage* et *assec*. L'évolage est le temps de la mise en eau peuplée de jeunes poissons; l'assec est le temps de la culture qui a pour objet la production des céréales. Depuis longues années on a élevé la question de savoir si les lois ne devaient pas prescrire le dessèchement permanent des étangs : cette question, qu'il ne faut pas confondre avec celle du dessèchement des marais, a une plus grande importance encore dans un département voisin, celui de l'Ain, où les étangs occupent une plus grande étendue que dans Saône-et-Loire, et sont de temps immémorial soumis au même assolement; il faut pour la décider avoir sérieusement étudié tous les faits qui y sont relatifs; on en trouvera de nombreux dans cette partie de la *Statistique du département de Saône-et-Loire*.

» La *Statistique de la Charente-Inférieure* a été rédigée par M. Gautier.

» La position maritime de ce département; la configuration de ses côtes riches en ports importants; des marais d'une grande étendue existant le long du littoral et dont le sol semble avoir été formé par les alluvions de plusieurs rivières navigables, dont les eaux profondes convergent vers la belle rade comprise entre la côte du continent et les îles de Rhé et d'Oleron; de grands établissements et des industries qui sont propres à ce département, lui donnent une physionomie particulière. On y trouve des spécialités, abondantes en faits intéressants, dont la détermination et la connaissance peuvent enrichir la statistique de la France.

» Le voisinage de la mer exerce sur la température, sur la végétation et sur la maturité des récoltes, une influence marquée. Les récoltes ont lieu, dans les îles, huit jours plus tôt que sur la côte, et sur la côte elles précèdent aussi de huit jours l'époque où on les fait à six lieues dans l'intérieur. La mer fournit presque gratuitement, en poissons et en coquillages, une masse de substances alimentaires qui contribue à l'entretien

d'une population plus agglomérée que dans les contrées de l'intérieur. Ainsi la population spécifique de l'île de Rhé est de 244 habitants par kilomètre carré: or elle n'est que de 171 dans le département du Nord, qui figure en tête des départements français, dans la table des populations spécifiques publiée par Prony dans l'*Annuaire du Bureau des Longitudes*.

» Les coquillages comestibles, huîtres et moules, sont dans ce département l'objet d'un commerce considérable. Ces coquillages se trouvent naturellement et en abondance dans le voisinage des côtes; mais les soins de l'homme contribuent aussi à les multiplier et à leur donner les qualités qui les font rechercher par les consommateurs. Il y a des établissements affectés à l'élève des moules : on les dépose encore petites dans des habitations en clayonnage préparées pour cet objet; elles y sont soignées jusqu'à ce qu'elles soient engraissées et qu'elles aient atteint le degré de croissance nécessaire pour qu'on puisse les présenter à la consommation. Les huîtres de Marennes doivent les qualités qui les font rechercher au choix des emplacements dans lesquels on les met parquer, et aux soins qu'on leur donne pendant le parcage, qui dure souvent plusieurs années. Ainsi, l'élève des moules et des huîtres est, dans le département de la Charente-Inférieure, une branche d'industrie qui n'est pas sans importance.

» Les marais occupent la dixième partie du territoire du département. Depuis plus d'un siècle, des efforts ont été renouvelés pour parvenir à leur desséchement; cent lieues de canaux et plusieurs centaines de lieues de fossés ont été creusées; mais tous les efforts n'ont pas été heureux : on a souvent échoué dans les premières tentatives. L'expérience n'avait pas encore fait connaître des méthodes au moyen desquelles, dans ces derniers temps, on a obtenu des succès encourageants pour la continuation ou la reprise de travaux propres à amener le desséchement complet. Les procédés employés aux différentes époques sont décrits par l'auteur de la Statistique, avec assez de détails et de soins pour faire connaître les fautes commises dans les travaux qui n'ont pas réussi, et pour qu'on soit averti d'éviter ces fautes dans les travaux à venir.

» On sait que la présence des marais dans une contrée nuit à la santé publique. Les habitants sont condamnés à une vie languissante et à une mortalité rapide. L'auteur de la Statistique a fait des recherches qui donnent, en quelque sorte, la mesure de cette influence malfaisante dans le département de la Charente-Inférieure; les résultats qu'il a obtenus sont réunis dans des tableaux comparatifs de mortalité pendant les quinze années écoulées de 1817 à 1832, dans des communes situées en pays haut,

et dans pareil nombre de communes situées en pays marécageux : les différences sont frappantes, et quelquefois énormes. L'utilité de ce travail, qui suppose dans celui qui l'a fait un véritable esprit de recherches, ne sera pas bornée au moment actuel. On aura un point de départ qui servira pour étudier plus tard l'influence du desséchement sur la salubrité. On observe qu'elle fait des progrès partout où le desséchement s'opère, et qu'elle rétrograde lorsque, faute de surveillance et d'entretien, les voies qu'on avait ouvertes pour l'écoulement des eaux marécageuses viennent à s'engorger.

» Il règne dans la Charente-Inférieure, sur la question du desséchement, un préjugé qui paraît partagé même par la classe éclairée, et que nous devons signaler à cause des effets malfaisants et dangereux que son application déjà trop commune produit sur la salubrité de l'air. Ce préjugé porte sur les faits suivants : Après avoir remarqué que, pour obtenir de bons desséchements, il faut diviser le terrain, par de nombreux fossés, en parcelles d'une contenance limitée, on recommande de faire dans ce terrain généralement exploité en prairies, les dispositions nécessaires pour qu'il y ait toujours de l'eau dans les fossés, parce que, s'ils restent à sec, on n'obtient que très peu d'herbe et de la mauvaise herbe : si au contraire on maintient de l'eau dans les fossés, le terrain produit des récoltes abondantes et du foin d'excellente qualité. Cette condition est réputée tellement essentielle, que si l'on n'a pas d'eau douce en quantité suffisante, on recommande d'y suppléer en introduisant de l'eau de mer dans les fossés : cette pratique est pernicieuse, car il est actuellement reconnu que le mélange de l'eau de mer avec l'eau douce des marais est une des causes les plus actives d'insalubrité. Ce fait important a été constaté dans les maremmes de Toscane par des observations faites pendant un long espace de temps sur la population de plusieurs villages. Les détails en sont consignés dans un Mémoire lu, en 1825, à l'Académie, par M. Gaetano Giorgini, de Lucques (1). La population d'une contrée que les habitants étaient obligés de déserter en été, s'acheminait vers son anéantissement par une mortalité d'une rapidité effrayante et toujours croissante, tant que les eaux de la mer ont été en communication avec les eaux douces des marais ; cette même contrée s'est couverte d'une population nombreuse et saine aussitôt que la communication a été interrompue. Un séjour mortel a été trans-

---

(1) *Annales de Physique et de Chimie*, t. XXIX, p. 225.

formé en un paysage riant, où les gens riches des villes voisines ont établi des maisons de plaisance pour passer le temps des grandes chaleurs (1).

» M. Dausse, ingénieur des ponts-et-chaussées, a envoyé au concours, sous le titre : *Statistique des principales rivières de France,* cinq Mémoires qui avaient déjà été présentés successivement à l'Académie en 1830, 31, 32, 33 et 39, avec un grand nombre de planches et de tableaux.

» Depuis long-temps on répète, sans contestation, que les rivières ont été faites pour alimenter les canaux. M. Dausse n'a pas voulu admettre sans examen ce mot célèbre de l'ingénieur anglais Brinkley. Il a suivi et étudié le cours entier des grandes rivières qui sillonnent la France dans toutes les directions. Il a recueilli et discuté avec une grande sagacité les observations hydrométriques que l'administration fait faire depuis un grand nombre d'années en plusieurs points de leur cours. Dans ce travail, qui remonte à plus de dix ans, et qui est continué avec la plus louable et la plus honorable persévérance, M. Dausse a eu principalement en vue l'amélioration de la navigation fluviale. Une heureuse combinaison des éléments tirés des observations hydrométriques qui restaient sans application, a conduit M. Dausse à des résultats fort remarquables et fort importants. Grâce à ces précieuses et infatigables recherches, on peut maintenant poser avec netteté la question de la navigation fluviale, et tenter avec confiance la solution de cette grande question d'économie politique et commerciale. C'est par là que nous rendrons les rivières à leur véritable destination; c'est par un bon emploi des ressources qu'elles nous offrent, que nous augmenterons la richesse du pays.

» Les tableaux statistiques dressés par M. Dausse comprennent les observations faites dans trois villes sur le Rhin, la Loire, la Saône, la Garonne; dans deux villes sur le Rhône, la Meuse; et dans une seule ville sur la Seine, la Somme, le Doubs, le Maine, l'Isère, le Tarn, le Lot : ce qui forme vingt-trois stations sur treize grandes rivières, et une masse d'observations qui embrassent une durée de trois cent soixante ans. On trouve aussi les observations faites au Caire sur le Nil, pendant deux ans, de 1799 à 1801.

(1) Les parties de ce Rapport qui précèdent étaient rédigées, lorsque M. Costaz, ayant eu le malheur de perdre son fils, fut forcé de suspendre son travail; le Rapport a été continué par M. Mathieu.

» Avec ces nombreux documents, M. Dausse a formé pour chaque station, 1° un tableau des hauteurs moyennes mensuelles et annuelles des eaux; 2° un tableau de leurs tenues moyennes de décimètre en décimètre, pour chaque mois et pour l'année; et pour mettre facilement en œuvre ces divers éléments, il a eu recours à des constructions graphiques.

» Il a d'abord tracé pour chaque station une courbe dont les ordonnées, ou les hauteurs moyennes des mois, sont séparées par des intervalles qui représentent la durée de chacun des douze mois. Cette courbe des hauteurs de la rivière à la station que l'on considère, s'élève et s'abaisse alternativement au-dessus et au dessous de la ligne horizontale qui répond à la hauteur moyenne. On voit sur-le-champ les mois, les saisons, pendant lesquels la rivière se maintient au-dessus ou au-dessous des moyennes eaux. Mais cette courbe ne donne pas une idée complète des changements d'état de la rivière. Le temps est un élément essentiel qu'il faut nécessairement faire intervenir. Il ne suffit pas de dire : la rivière est à une telle hauteur à une époque donnée, il faut encore savoir pendant combien de jours, dans l'année ou dans chaque mois, elle se soutient à cette hauteur; et pour la navigation il importe surtout de connaître la hauteur à laquelle la rivière revient un plus grand nombre de jours dans l'année. Cette manière ingénieuse de concevoir les variations d'une rivière a conduit l'auteur à la considération d'un élément nouveau, la *tenue*. Il appelle tenue d'une rivière à une hauteur donnée de ses eaux, le temps pendant lequel elle se soutient à cette hauteur, ou à très peu près. La tenue d'un mois à une certaine hauteur de l'échelle hydrométrique est donc le nombre de jours de ce mois pendant lesquels la rivière se maintient à cette hauteur. La tenue de l'année à la même hauteur est la somme des tenues des douze mois dont elle se compose. C'est d'après ces notions que M. Dausse a calculé les tenues pour toutes les années d'observations, et qu'il a formé le tableau des tenues moyennes des mois et de l'année dans chaque station.

» Ces derniers résultats ont été rendus sensibles par une construction graphique. Concevez une ligne verticale divisée en décimètres depuis les plus basses jusqu'aux plus hautes eaux; menez par un point de division une horizontale sur laquelle vous portez, à la suite l'une de l'autre, les tenues moyennes des mois; faites-en autant sur les autres lignes horizontales; joignez les extrémités, et vous aurez la courbe des tenues de l'année.

» A l'inspection seule de cette courbe, on prend une idée nette des différents états d'une rivière : on voit ce qu'il faut faire pour la rendre navigable, ou plutôt, ce qu'il suffit de faire quand on renonce au bénéfice des

plus grandes et des plus basses eaux, qui n'ont qu'une faible tenue et qui n'entraînent qu'une courte suspension dans la navigation. Elle montre que la plupart des rivières ne sont pas dans des conditions aussi fâcheuses qu'on le suppose généralement. Ainsi on voit, de prime abord, que la Seine, qui est réputée non navigable plusieurs mois de l'année, ne l'est réellement que pendant une quarantaine de jours, temps moindre que le chômage ordinaire des canaux, qui est d'environ cinquante jours.

» La courbe des tenues fait connaître l'état actuel d'une rivière avec toutes ses variations; elle indique en même temps la courte durée des hautes et des basses eaux que l'on peut abandonner, et les limites dans lesquelles il est prudent de renfermer la navigation. La grande tenue correspond à la hauteur à laquelle il faut améliorer la navigation et établir les ports de débarquement.

» On ne doit pas chercher à augmenter le tirant d'eau à l'étiage le plus bas: il vaut mieux partir de la hauteur où la courbe des tenues s'écarte rapidement de l'axe vertical. On n'abandonne alors la navigation que pour les tenues inférieures qui ont fort peu de durée. Si l'on part de l'étiage, on est presque toujours forcé d'employer des barrages qui entraînent une grande dépense. Si l'on s'arrête à trente ou quarante centimètres au-dessus de l'étiage, on diminue d'autant les barrages quand ils sont indispensables, et souvent alors il suffit de recourir à un simple resserrement de la rivière, qui peut faire gagner de vingt à cinquante centimètres, qui est toujours moins coûteux que l'appareil mécanique des barrages, et qui n'a pas l'inconvénient de modifier au même degré le régime naturel de la rivière.

» Quant aux chemins de halage, la courbe des tenues montre que, dans beaucoup de cas, on gagne fort peu de temps à les élever au-dessus des plus grandes eaux. Il vaut mieux les laisser un peu au-dessous : on ne fait qu'un sacrifice de quelques jours, on diminue beaucoup la dépense, et l'on a des chemins commodes et bien appropriés au halage pendant presque toute l'année.

» La construction des ouvrages d'art sur une rivière exige la connaissance de sa portée, ou de la quantité d'eau qui passe dans une seconde par une section donnée. Mais il y a des circonstances où l'on a besoin de la quantité d'eau qui passe par la même section dans un certain temps, un mois, une saison, une année. La courbe des tenues fournit, par une simple multiplication, cette portée intégrale, quand on connaît les portées partielles, correspondantes aux différentes hauteurs.

» Ainsi, la considération très simple de la tenue des rivières a conduit

M. Dausse, après de longues et laborieuses recherches, à un système de navigation fluviale qui fournit, par des déductions mathématiques, la solution des questions relatives, soit à l'augmentation du tirant d'eau dans les meilleures limites de hauteur, soit à l'établissement des chemins de halage et des ports de débarquement, soit à la détermination de la portée d'une rivière, ou de la quantité d'eau qu'elle débite par une section donnée, pendant une partie de l'année.

» M. Dausse a été naturellement conduit à comparer les rivières entre elles, et surtout la Seine et le Rhône, qui se trouvent dans des conditions bien différentes. Le Rhône, alimenté comme la Seine par les eaux pluviales, reçoit encore, une partie de l'année, des eaux produites par la fonte des neiges qui couvrent les Alpes. La grande tenue de la Seine a lieu en été, par des basses eaux bien au-dessous de la hauteur moyenne; la grande tenue du Rhône arrive à la même époque, mais par des eaux beaucoup plus élevées que le niveau moyen, et qui proviennent de la fonte des neiges accumulées sur les Alpes, pendant plus de la moitié de l'année.

» Les rivières demi-alpines présentent aussi leur grande tenue dans la saison d'été, mais à des hauteurs intermédiaires entre celles qui sont relatives à la Seine et au Rhône. Ces remarques paraissent purement curieuses; cependant elles sont très importantes. Quand on veut faire de grandes expéditions, il faut avoir égard à la variation des tenues d'une rivière à une autre, pour choisir les époques où les eaux de bonne navigation se correspondent.

» M. Dausse a terminé ses recherches par des considérations d'un grand intérêt sur l'alimentation des rivières. Il a discuté un grand nombre d'observations météorologiques pour reconnaître l'influence de la hauteur, de l'évaporation et des forêts, sur l'aménagement des cours d'eau.

» Qu'il nous soit permis, en finissant, de former un vœu. Il est à desirer que M. Dausse trouve toutes les facilités pour mettre la dernière main à ses laborieuses recherches, et pour publier bientôt sa Statistique des rivières de France. Nous pensons que cet ouvrage, dans lequel la question de la navigation fluviale se trouve nettement posée et heureusement résolue, sera d'un grand secours pour les ingénieurs chargés d'exécuter des travaux hydrauliques sur nos rivières.

Conclusions.

» La Commission est d'avis,

» 1°. Que le travail de M. *Vicat* sur les ciments et les mortiers hydrauliques soit réservé, pour être présenté aux prochains concours, quand il aura reçu une nouvelle extension;

» 2°. Que le prix Montyon de Statistique de 1839 soit décerné à M. **Dausse**, ingénieur des ponts-et-chaussées, pour son travail sur la *Statistique des principales rivières de la France;*

» 3°. Qu'une mention honorable soit accordée à la *Statistique du département de la Charente Inférieure,* par M. *Gauthier;*

» 4°. Qu'une seconde mention honorable soit accordée à la *Statistique du département de Saône-et-Loire*, par M. *Ragut*. »

PRIX FONDÉ PAR M^{me} LA MARQUISE DE LAPLACE.

« Une ordonnance royale ayant autorisé l'Académie des Sciences à accepter la donation qui lui a été faite par madame la marquise de Laplace, d'une rente de *deux cent quinze francs,* pour la fondation à perpétuité d'un prix consistant dans la collection complète des ouvrages de Laplace, et qui devra être décerné chaque année au premier élève sortant de l'École Polytechnique;

» Le président remettra de sa main les cinq volumes de la *Mécanique céleste,* l'*Exposition du système du monde*, et le *Traité des probabilités*, à M. **Delesse**, premier élève sortant de la promotion de 1839. »

PRIX PROPOSÉS.

SCIENCES PHYSIQUES.

GRAND PRIX DES SCIENCES PHYSIQUES

POUR 1841.

« L'Académie rappelle qu'elle a proposé pour sujet du grand prix des sciences physiques qui sera décerné, s'il y a lieu, dans *sa séance publique de* 1841, la question suivante :

» *Déterminer par des expériences précises la chaleur spécifique des principaux corps simples et celle d'un grand nombre de combinaisons minérales et organiques. Discuter le rapport qui existe entre le poids atomique des corps et les chaleurs spécifiques données par l'expérience.*

» Depuis l'époque où MM. Dulong et Petit firent connaître la belle relation qu'ils avaient observée entre la chaleur spécifique des corps simples et leurs poids atomiques, les chimistes ont mis le plus vif intérêt à voir ce genre d'expériences se généraliser et embrasser les composés chimiques les plus importants et les plus caractéristiques.

» M. Dulong travaillait depuis long-temps à compléter ses expériences à cet égard, quand une mort prématurée vint le ravir à la science.

» L'Académie, convaincue que la voie ouverte aux observations par l'un de ses membres les plus regrettés, doit conduire à d'importantes découvertes, propose la question des chaleurs spécifiques, considérées dans leurs relations avec les théories chimiques, pour sujet du prix qui sera décerné dans la séance annuelle de 1841.

» Elle engage les concurrents à étudier sous ce point de vue :

» 1°. *Les corps simples ;*

» 2°. *Quelques oxides ou composés binaires, en choisissant de préférence ceux qui forment des séries, comme les trois oxides de cuivre, par exemple ;*

» 3°. *Quelques sels des principaux genres et à divers états de saturation, en les comparant à l'état anhydre et à l'état hydraté ;*

» 4°. *Les principales matières organiques.*

» Les chaleurs spécifiques des corps dimorphes, celles des corps iso-

morphes, celles des corps du même type chimique devraient être soigneusement comparées. Les cas nombreux d'isomérie que la chimie organique présente, fourniront matière à des observations pleines d'intérêt.

» Les concurrents trouveront peut-être quelque avantage à étudier de préférence les corps dont on connaît la densité à l'état aériforme. Les nombreuses déterminations de ce genre qu'on a faites depuis quelques années, leur fourniraient le moyen de discuter à la fois la question des chaleurs spécifiques sous le double point de vue de la théorie atomique et de la théorie des volumes.

» Les Mémoires devront être parvenus au secrétariat de l'Institut le 1er avril 1841. »

GRAND PRIX DES SCIENCES PHYSIQUES,

PROPOSÉ EN 1837 POUR 1839, ET REMIS AU CONCOURS POUR 1843.

« L'Académie avait proposé pour sujet du grand prix des sciences physiques à décerner *dans sa séance publique de* 1839, la question suivante :

» *Déterminer par des expériences précises quelle est la succession des changements chimiques, physiques et organiques, qui ont lieu dans l'œuf pendant le développement du fœtus chez les oiseaux et les batraciens.*

» *Les concurrents devront tenir compte des rapports de l'œuf avec le milieu ambiant naturel; ils examineront par des expériences directes l'influence des variations artificielles de la température et de la composition chimique de ce milieu.*

» Dans ces dernières années, un grand nombre d'observateurs se sont livrés à des recherches profondes sur le développement du poulet dans l'œuf, et, par suite, à des études analogues sur le développement du fœtus dans les autres animaux ovipares. En général, ils se sont occupés de cet examen au point de vue anatomique. Quelques-uns pourtant ont abordé les questions chimiques nombreuses et pleines d'intérêt que cet examen permet de résoudre.

» Admettons, en effet, que l'on fasse l'analyse chimique de l'œuf au moment où il est pondu, que l'on tienne compte des éléments qu'il emprunte à l'air ou qu'il lui rend pendant la durée de son développement, enfin qu'on détermine les pertes ou les absorptions d'eau qu'il peut éprouver,

et l'on aura réuni tous les éléments nécessaires à la discussion des procédés chimiques employés par la nature pour la conversion des matériaux de l'œuf dans les produits bien différents qui composent le jeune animal.

» En appliquant à l'étude de cette question les méthodes actuelles de l'analyse organique, on peut atteindre le degré de précision que sa solution exige.

» Mais s'il est possible de constater par les moyens chimiques ordinaires les changements survenus dans les proportions du carbone, de l'hydrogène, de l'oxigène ou de l'azote, si ces moyens suffisent, à plus forte raison, en ce qui concerne les modifications des produits minéraux qui entrent dans la composition de l'œuf, il est d'autres altérations non moins importantes qui ne peuvent se reconnaître qu'à l'aide du microscope.

» L'Académie désire que, loin de se borner à constater, dans les diverses parties de l'œuf, la présence des principes immédiats que l'analyse en retire, les auteurs fassent tous leurs efforts pour constater, à l'aide du microscope, l'état dans lequel ces principes immédiats s'y rencontrent.

» Elle espère d'heureux résultats de cette étude chimique et microscopique des phénomènes de l'organogénésie.

» Indépendamment de l'étude du développement du fœtus dans ces conditions normales, il importe de constater les changements que les modifications de la température ou de la nature des milieux dans lesquels ce développement s'effectue, peuvent y apporter. Les concurrents auront donc à examiner, pour les œufs d'oiseaux, leur incubation dans divers gaz; pour ceux des batraciens, leur développement dans des eaux plus ou moins chargées de sel, plus ou moins aérées.

» Le prix consistera en une médaille d'or de la valeur de *trois mille francs*. Les Mémoires devront être remis au secrétariat de l'Académie avant le 1er avril 1843. Ce terme est de rigueur. Les auteurs devront inscrire leurs noms dans un billet cacheté, qui ne sera ouvert que si la pièce est couronnée. »

GRAND PRIX DES SCIENCES PHYSIQUES

PROPOSÉ POUR 1837, PUIS POUR 1839, ET REMIS AU CONCOURS POUR 1843.

« L'Académie avait proposé pour sujet du grand prix des sciences physiques à décerner en 1837, la question suivante :

» *Déterminer par des recherches anatomiques et physiques quel est le*

mécanisme de la production du son chez l'homme et chez les animaux vertébrés et invertébrés qui jouissent de cette faculté.

» Cette question n'ayant point été résolue, l'Académie, en 1837, la remit au concours pour l'année 1839, en la restreignant dans les termes suivants :

» *Déterminer par des recherches anatomiques, par des expériences d'acoustique et par des expériences physiologiques, quel est le mécanisme de la production de la voix chez l'homme et chez les animaux mammifères.*

» La question, réduite à ces termes, n'a point été résolue encore.

» Voici le rapport de la Commission qui avait été chargée de juger les pièces adressées pour le concours :

Rapport de la Commission.

(Commissaires, MM. Savart, Magendie, Breschet, Flourens, de Blainville rapporteur.)

» Six Mémoires ont été envoyés au concours.

» Les numéros 4 et 5, étant imprimés, avec le nom de leurs auteurs, n'ont pu être admis d'après l'une des conditions imposées aux concurrents, celle d'adopter une épigraphe et d'envoyer leur nom dans un billet cacheté.

» Des quatre autres concurrents, deux seulement ont paru avoir senti la nature véritable et la difficulté de la question. Cependant, la Commission n'a pas jugé leur travail digne du prix, par défaut de recherches anatomiques ou d'expériences d'acoustique suffisantes; en conséquence, elle déclare qu'il n'y a pas lieu à ce que le prix des sciences physiques pour 1839 soit décerné.

» Mais, vu le grand intérêt du sujet, et dans l'espoir que les personnes qui ont déjà commencé un long travail, pourront le perfectionner et ainsi atteindre le but, la Commission propose à l'Académie de remettre pour la troisième fois la question au concours, en la divisant en deux parties : l'une limitée à l'espèce humaine et aux expériences d'acoustique et physiologiques; l'autre qui se bornerait aux recherches anatomiques comparées dans l'homme et chez les mammifères. Mais, dans ce dernier cas, la Commission demanderait à l'Académie que la somme nécessaire pour l'établissement de ce second prix pût être prise sur les fonds Montyon en réserve.

» L'Académie adopte les conclusions de ce Rapport;

» En conséquence, les deux questions suivantes sont proposées pour l'année 1843 :

» 1°. *Déterminer par des expériences d'acoustique et de physiologie quel est le mécanisme de la production de la voix chez l'homme;*

» 2°. *Déterminer par des recherches anatomiques la structure comparée de l'organe de la voix chez l'homme et chez les animaux mammifères.*

» Chaque prix consistera en une médaille d'or de la valeur de *trois mille franc.*

» Les mémoires devront être remis au secrétariat de l'Académie avant le 1er avril 1843. Ce terme est de rigueur. Les auteurs devront inscrire leurs noms sur un billet cacheté, qui ne sera ouvert que si la pièce est couronnée. »

PRIX DE PHYSIOLOGIE EXPÉRIMENTALE,

FONDÉ PAR M. DE MONTYON.

« Feu M. le baron de Montyon ayant offert une somme à l'Académie des Sciences, avec l'intention que le revenu fût affecté à un prix de Physiologie expérimentale à décerner chaque année, et le Roi ayant autorisé cette fondation par une ordonnance en date du 22 juillet 1818,

» L'Académie annonce qu'elle adjugera une médaille d'or de la valeur de *huit cent quatre-vingt-quinze francs* à l'ouvrage, imprimé ou manuscrit, qui lui paraîtra avoir le plus contribué aux progrès de la physiologie expérimentale.

» Le prix sera décerné dans la séance publique de 1840.

» Les ouvrages ou mémoires présentés par les auteurs ont dû être envoyés francs de port au secrétariat de l'Institut avant le 1er avril 1840. »

DIVERS PRIX DU LEGS MONTYON.

« Conformément au testament de feu M. le baron Auget de Montyon, et aux ordonnances royales du 29 juillet 1821, du 2 juin 1824, et du 23 août 1829, il sera décerné un ou plusieurs prix aux auteurs des ouvrages ou des découvertes qui seront jugés les plus utiles à *l'art de guérir*, et à ceux qui auront trouvé les *moyens de rendre un art ou un métier moins insalubre*.

» L'Académie a jugé nécessaire de faire remarquer que les prix dont il

s'agit ont expressément pour objet des découvertes et inventions propres à perfectionner la médecine ou la chirurgie, ou qui diminueraient les dangers des diverses professions ou arts mécaniques.

» Les pièces admises au concours n'auront droit aux prix qu'autant qu'elles contiendront une *découverte parfaitement déterminée*.

» Si la pièce a été produite par l'auteur, il devra indiquer la partie de son travail où cette découverte se trouve exprimée : dans tous les cas, la Commission chargée de l'examen du concours fera connaître que c'est à la découverte dont il s'agit que le prix est donné.

» Les sommes qui seront mises à la disposition des auteurs des découvertes ou des ouvrages couronnés ne peuvent être indiquées d'avance avec précision, parce que le nombre des prix n'est pas déterminé : mais les libéralités du fondateur et les ordres du Roi ont donné à l'Académie les moyens d'élever ces prix à une valeur considérable; en sorte que les auteurs soient dédommagés des expériences ou recherches dispendieuses qu'ils auraient entreprises, et reçoivent des récompenses proportionnées aux services qu'ils auraient rendus, soit en prévenant ou diminuant beaucoup l'insalubrité de certaines professions, soit en perfectionnant les sciences médicales.

» Conformément à l'ordonnance du 23 août, il sera aussi décerné des prix aux meilleurs résultats des recherches entreprises sur les questions proposées par l'Académie, conformément aux vues du fondateur.

» Les ouvrages ou mémoires présentés par les auteurs ont dû être envoyés francs de port au secrétariat de l'Institut avant le 1er avril 1840. »

PRIX RELATIF A LA VACCINE.

« L'Académie rappelle qu'elle a proposé pour sujet d'un prix de *dix mille francs*, qui sera décerné, s'il y a lieu, dans sa séance publique de 1842, la question suivante :

» *La vertu préservative de la vaccine est-elle absolue, ou bien ne serait-elle que temporaire ?*

» *Dans ce dernier cas, déterminer par des expériences précises et des faits authentiques, le temps pendant lequel la vaccine préserve de la variole.*

» *Le cow-pox a-t-il une vertu préservative plus certaine ou plus persistante que le vaccin déjà employé à un nombre plus ou moins considérable de vaccinations successives ?*

» *En supposant que la qualité préservative du vaccin s'affaiblisse avec le temps, faudrait-il le renouveler, et par quels moyens?*

» *L'intensité plus ou moins grande des phénomènes locaux du vaccin a-t-elle quelque relation avec la qualité préservative de la variole?*

» *Est-il nécessaire de vacciner plusieurs fois une même personne, et, dans le cas de l'affirmative, après combien d'années faut-il procéder à de nouvelles vaccinations?*

» Les Mémoires devront être remis au secrétariat de l'Académie avant le 1er avril 1842. Ce terme est de rigueur. »

PRIX FONDÉ PAR M. MANNI.

« M. Manni, professeur à l'Université de Rome, ayant offert de faire les fonds d'un prix spécial de *quinze cents francs*, à décerner par l'Académie, sur la question des *morts apparentes et sur les moyens de remédier aux accidents funestes qui en sont trop souvent les conséquences;* et le Roi, par une ordonnance en date du 5 avril 1837, ayant autorisé l'acceptation de ces fonds et leur application aux prix dont il s'agit;

» L'Académie avait proposé, en 1837, pour sujet d'un prix qui devait être décerné dans la séance publique de 1839, la question suivante :

» *Quels sont les caractères distinctifs des morts apparentes?*

» *Quels sont les moyens de prévenir les enterrements prématurés?*

» L'Académie reçut, en 1839, sept Mémoires manuscrits. Plusieurs d'entre eux parurent renfermer des vues utiles, mais que l'expérience n'avait pas encore suffisamment justifiées.

» En conséquence, l'Académie, dans sa *séance publique* du 30 décembre 1839, remit le prix sur les *morts apparentes*, à l'année 1842, espérant que dans le cours de ces deux années, les auteurs trouveraient le temps nécessaire pour donner à leur travail le degré de perfection que réclame un sujet aussi important.

» Les mémoires devront être remis au secrétariat de l'Institut, avant le 1er avril 1842. »

SCIENCES MATHÉMATIQUES.

GRAND PRIX DES SCIENCES MATHÉMATIQUES

POUR 1842.

« L'Académie propose pour sujet du grand prix des sciences mathématiques qu'elle décernera, s'il y a lieu, en 1842, la question suivante, relative au calcul des variations : *Trouver les équations aux limites que l'on doit joindre aux équations indéfinies pour déterminer complétement les maxima et minima des intégrales multiples.* On devra donner des exemples de l'application de la méthode à des intégrales triples.

» Le prix consistera en une médaille d'or de la valeur de *trois mille francs*. Les Mémoires devront être arrivés au secrétariat de l'Académie avant le 1er avril 1842. Ce terme est de rigueur. Les noms des auteurs seront contenus dans un billet cacheté, qui ne sera ouvert que si la pièce est couronnée. »

GRAND PRIX DES SCIENCES MATHÉMATIQUES

POUR 1840.

« Dans la théorie des perturbations des planètes, on a exprimé, jusqu'à présent, les accroissements des coordonnées, dus aux forces perturbatrices, par des séries de sinus et de cosinus des multiples des moyens mouvements. Maintenant qu'on possède des tables numériques d'une autre espèce de fonctions périodiques, on pourrait essayer d'exprimer ces accroissements, soit dans la théorie des planètes, soit dans celle du mouvement de la Lune autour de la Terre, par des séries de ces autres fonctions. Afin d'appeler l'attention des géomètres sur cette manière nouvelle d'envisager le principal problème de la Mécanique céleste, l'Académie rappelle qu'elle a proposé la question suivante pour sujet du grand Prix de Mathématiques qui sera décerné en 1840 :

» *Déterminer les perturbations du mouvement elliptique par des séries de quantités périodiques, différentes des fonctions circulaires, de manière qu'au moyen des tables numériques existantes, on puisse calculer, d'après ces séries, le lieu d'une planète à toute époque donnée.*

» L'Académie verrait avec intérêt que les formules qu'elle demande fussent applicables au mouvement de la Lune, lors même qu'elles conduiraient, dans ce cas, à une approximation moindre que celle qui a été obtenue dans ces derniers temps; mais elle ne fait pas de cette application particulière une condition du concours.

» Les mémoires ont dû être arrivés au secrétariat de l'Académie avant le 1er mai 1840. »

PRIX D'ASTRONOMIE,

FONDÉ PAR M. DE LALANDE.

« La médaille fondée par M. de Lalande, pour être donnée annuellement à la personne qui, en France ou ailleurs (les membres de l'Institut exceptés), aura fait l'observation la plus intéressante, le mémoire ou le travail le plus utile aux progrès de l'astronomie, sera décernée dans la séance publique de l'année 1840.

» La médaille est de la valeur de *six cent trente-cinq francs*. »

PRIX EXTRAORDINAIRE SUR L'APPLICATION DE LA VAPEUR A LA NAVIGATION.

« Le Roi, sur la proposition de M. le baron Charles Dupin, ayant ordonné qu'un prix de *six mille francs* serait décerné par l'Académie des Sciences en 1836,

» *Au meilleur ouvrage ou mémoire sur l'emploi le plus avantageux de la vapeur pour la marche des navires, et sur le système de mécanisme, d'installation, d'arrimage et d'armement qu'on doit préférer pour cette classe de bâtiments,*

» L'Académie annonça qu'elle décernerait le prix dans sa séance publique de 1836.

» Les auteurs des inventions présentées n'avaient pas donné aux Commissaires de l'Académie les moyens d'effectuer les expériences qui seules doivent en constater le mérite pratique. L'Académie remit donc la question au concours. De nouvelles inventions furent admises à concourir avec les premières.

» Aucun des Mémoires présentés n'ayant paru digne du prix, l'Académie a remis encore une fois la question au concours.

» Le prix, s'il y a lieu, sera décerné dans la séance publique de 1841. Les Mémoires devront être arrivés au secrétariat de l'Institut au 1er mars 1841. »

PRIX DE MÉCANIQUE,

FONDÉ PAR M. DE MONTYON.

« M. de Montyon a offert une rente sur l'État, pour la fondation d'un prix annuel, autorisé par une Ordonnance royale du 29 septembre 1819, en faveur de celui qui, au jugement de l'Académie des Sciences, s'en sera rendu le plus digne, en inventant ou en perfectionnant des instruments utiles aux progrès de l'agriculture, des arts mécaniques et des sciences.

» Ce prix sera une médaille d'or de la valeur de *cinq cents francs*. Les ouvrages ou mémoires adressés par les auteurs, ou, s'il y a lieu, les modèles des machines ou des appareils, ont dû être envoyés, francs de port, au secrétariat de l'Institut avant le 1er mai 1840. »

PRIX DE STATISTIQUE,

FONDÉ PAR M. DE MONTYON.

« Parmi les ouvrages qui auront pour objet une ou plusieurs questions relatives à la statistique de la France, celui qui, au jugement de l'Académie, contiendra les recherches les plus utiles, sera couronné dans la première séance publique. On considère comme admis à ce concours les Mémoires envoyés en manuscrit, et ceux qui, ayant été imprimés et publiés, seront parvenus à la connaissance de l'Académie; sont seuls exceptés les ouvrages de ses membres résidants.

» Les Mémoires manuscrits ou imprimés, adressés par les auteurs, ont dû être envoyés au secrétariat de l'Institut, francs de port, et remis avant le 1er mai 1840: ils peuvent porter le nom de l'auteur; ce nom peut aussi être écrit dans un billet cacheté joint au Mémoire.

» Le prix consistera en une médaille d'or équivalente à la somme de *cinq cent trente francs*. Il sera décerné dans la séance publique de 1840.

» Les concurrents pour tous les prix sont prévenus que l'Académie ne rendra aucun des ouvrages qui auront été envoyés au concours; mais les auteurs auront la liberté d'en faire prendre des copies. »

LECTURES.

Considérations générales sur les applications des sciences physico-chimiques, aux sciences naturelles, aux arts et à l'industrie; par M. Becquerel.

« Dans le mouvement rapide qui entraîne aujourd'hui toutes les intelligences, au milieu des plus graves préoccupations sociales, chacun veut être initié aux mystères de la philosophie naturelle, et tout le monde se passionne pour les découvertes de la physique et de la chimie, surtout alors qu'elles promettent d'utiles applications aux arts et à l'industrie. C'est sur des découvertes de ce genre que je veux appeler votre attention; heureux si je parviens à vous démontrer que les recherches nombreuses qui les ont fait naître peuvent contribuer quelquefois au développement de la fortune publique; mais, avant de les exposer, qu'il me soit permis de présenter quelques considérations sur les expériences en général.

» Sans l'art des expériences, la physique et la chimie, dont l'alliance a produit de si grands résultats, ne sauraient exister; mais depuis que cet art a été porté à sa perfection, rien ne pourrait arrêter leur essor : cependant, pour populariser l'étude de la physique, il faut la présenter dégagée de toute entrave.

» Lorsqu'un jeune homme voit pour la première fois des instruments de physique, dont le fini des ornements le dispute souvent à la précision, il doit se demander si l'on ne peut cultiver cette science, avec l'espoir d'en reculer les limites, sans avoir à sa disposition les moyens nécessaires pour acquérir de semblables instruments. Cette idée seule, s'il n'a d'autre guide que lui-même, suffirait pour le détourner de se livrer à une étude pour laquelle il se sentait un penchant prononcé, avant d'avoir vu un cabinet de physique. Mais pour peu qu'il consulte les travaux des philosophes qui ont étudié, approfondi, analysé les phénomènes naturels, depuis Galilée jusqu'à nos jours, il demeurera convaincu que les plus grandes découvertes, à l'exception cependant de celles qui exigent des mesures très précises, ont

été faites le plus souvent, à l'aide d'appareils formés avec les premiers objets qui tombaient sous la main, et qui sont toujours à la disposition de celui qui sait interroger la nature. Entre mille exemples, je citerai les suivants :

» Galilée, âgé de dix-huit ans, découvre l'isochronisme des oscillations du pendule, en observant le mouvement périodique et réglé d'une lampe suspendue à la voûte de l'église de Pise, sa patrie;

» Toricelli découvre la pression de l'atmosphère, au moyen d'un tube de verre fermé par un bout, rempli de mercure, et renversé dans un bain de ce métal;

» Franklin, pour établir l'identité de la foudre avec l'électricité, lance dans les airs un cerf-volant;

» Volta construit le plus admirable instrument que possèdent les sciences physique et chimique, avec des disques d'argent, de zinc, et des rondelles de drap humide disposés en colonnes;

» Haüy, à l'aide d'un couteau et d'une espèce de compas grossier, parvient à trouver le système cristallin de chaque substance minérale et par suite sa constitution moléculaire.

» Vient-on enfin à appliquer la physique à l'étude des phénomènes naturels? la nature devient le laboratoire; et l'on a pour instruments les objets divers répandus à profusion sur la surface du globe. En simplifiant ainsi les moyens d'investigation, on rend plus facile l'étude de la physique, on économise le temps, et, par là, on double la vie.

» Dans l'exposé des travaux, on doit apporter la même simplicité; car l'histoire nous apprend que la carrière scientifique d'un homme se réduit souvent à quelques faits généraux. Les travaux de détail exécutés pour arriver à la découverte de ces faits, les analyser et les décrire, restent consignés dans les recueils scientifiques et peuvent être comparés à ces échafaudages dressés pour élever un édifice et que l'on renverse l'édifice une fois achevé. Il résulte de là que la vie scientifique d'un homme se résume en quelques phrases; mais ces phrases expriment des vérités éternelles, monuments impérissables du génie qui les a découvertes. Ainsi Képler est connu par ses trois fameuses lois, fruits de plus de vingt années de travaux, et qui, en l'immortalisant, ont servi de point de départ à Newton, pour trouver les lois de la gravitation, dont l'action s'étend dans tout l'univers; c'est ainsi que Newton lui-même brille d'un grand éclat pour avoir découvert la composition de la lumière et les lois qui en dépendent, et Volta pour avoir créé la pile; qu'OErsted s'est acquis une grande renommée pour avoir trouvé l'action exercée sur l'aiguille aimantée par un

courant électrique, et Malus pour la découverte de la polarisation de la lumière, au moyen de la réflexion.

» Pour obtenir de si grands résultats qui peuvent être exprimés en peu de mots, il faut souvent multiplier les expériences à l'infini et prendre en considération une foule de faits de détail, qui passent inaperçus dans le monde.

» Tels sont les principes généraux qui doivent diriger le philosophe dans ses pénibles investigations. J'arrive maintenant à des questions moins générales.

» Chaque branche de la physique a eu ses phases de gloire, ses temps de repos, ses recrudescences, qui tour à tour en ont reculé les limites. Depuis près d'un demi-siècle, l'électricité est en voie de progrès, et l'on ne peut savoir où s'arrêteront ses découvertes de chaque jour, qui, toutes, sont empreintes du grand nom de Volta.

» En Europe, et je puis même dire dans toutes les parties du monde, il y a concours d'émulation entre tous les physiciens pour en étendre le domaine, concours qui ne peut manquer de produire les plus heureux résultats, comme on en jugera par l'esquisse que je vais présenter des découvertes faites depuis peu d'années.

» Tous les corps de la nature sont formés de molécules similaires ou hétérogènes, tenues à des distances plus ou moins grandes, par l'action de forces dont les agents se trouvent dans les espaces qui les séparent; ces forces sont, pour les corps inorganisés, la chaleur, l'électricité, les affinités et la cohésion; et, pour les corps organisés, ces mêmes forces, plus celles qui président aux phénomènes de la vie et dont le principe échappe à toutes nos investigations. C'est donc dans ces espaces intermoléculaires que s'opèrent les phénomènes les plus mystérieux, et je puis dire les plus sublimes de la nature. Les molécules viennent-elles *à perdre leur position naturelle d'équilibre*, par une cause quelconque? il en résulte une foule d'effets qui sont du domaine de la physique et de la chimie. Pour étudier la constitution moléculaire des corps, sous le rapport des forces qui président à cette constitution, on s'empare de ces forces, on les sépare, on les met successivement en présence des parties matérielles, afin de déterminer le mode d'action de chacune d'elles et leur rapport mutuel. On reconnaît alors que si l'électricité n'est pas la cause première de la chaleur et des affinités, elle est du moins indispensable à leur production, chacune de ces forces ne pouvant exister sans elle.

» Des expériences fondées sur la vitesse de l'électricité (vitesse qui est de 90 000 lieues par seconde, et qui est plus grande que celle de la lumière), tendent à prouver que la quantité d'électricité associée aux molécules des corps est si énorme, que l'imagination en est effrayée. Les éléments d'une simple molécule d'eau paraissent renfermer, suivant des supputations d'un célèbre physicien, 800 000 charges d'une batterie électrique composée de huit jarres égales, de deux décimètres de hauteur et de six décimètres de tour, et obtenues avec trente tours d'une puissante machine électrique. Si la quantité d'électricité qui se trouve accumulée entre les éléments d'un gramme d'eau seulement, devenait subitement libre ici, on entendrait les plus épouvantables détonations, qui feraient voler en éclats cet édifice. Eh bien! cette puissance, à côté de laquelle la vapeur n'est rien, soit qu'on la considère comme une matière très subtile, ou bien comme le résultat d'un mouvement vibratoire imprimé à l'éther, est employée uniquement par la nature à maintenir les combinaisons et la constitution moléculaire des corps. Les efforts du physicien doivent donc tendre, comme ils tendent journellement en effet, à retirer cette force des corps où elle se trouve enchaînée, pour l'appliquer à l'usage des sciences et des arts. Jusqu'ici nous n'en avons pu rendre libre qu'une très faible partie, qui produit néanmoins des actions chimiques, calorifiques ou mécaniques d'une grande énergie; que sera-ce donc quand nous en serons complétement maîtres?

» Cette force devient libre dans toutes les actions chimiques, même les plus faibles, comme la chaleur dans la combustion et dans tous les phénomènes moléculaires; mais, de même que l'on s'empare de cette chaleur pour la faire servir aux opérations de la chimie, de même aussi devons-nous mettre à profit l'électricité dégagée, afin de provoquer les affinités où elles ne se manifestent pas, de leur donner au besoin une nouvelle énergie, de transporter les corps dans différents milieux, et de produire des effets calorifiques même supérieurs à ceux que nous pouvons obtenir à l'aide de nos fourneaux. Tel doit être le but de l'électro-chimie. Comme application des effets calorifiques de cette puissance, je citerai l'exemple suivant.

» Un fil de platine, mis en communication avec les deux extrémités d'un appareil voltaïque à courant constant, devient incandescent dans une partie de sa longueur. Si l'on replie cette partie en spirale, on concentre alors toute la chaleur dans l'intérieur des circonvolutions. Vient-on à y placer des petits creusets, à minces parois, en terre réfractaire? on y produit les

plus grands effets de fusion qu'on puisse imaginer, puisque le platine lui-même peut être fondu; l'œil supporte à peine l'éclat de la lumière émise; les essais des minerais d'or et d'argent, sur plusieurs décigrammes, sont effectués en deux ou trois minutes, fonte et coupellation; la combustion du diamant s'opère en quelques instants. Si, pour empêcher le rayonnement à l'extérieur, on place sous la spirale une lampe à alcool, l'incandescence augmente en intensité. Ce n'est pas tout encore : cette même spirale peut être mise sous une cloche où l'on fait le vide, et dans laquelle on introduit tous les gaz au milieu desquels on veut opérer, de manière à remplir des conditions que le chimiste n'a pas toujours la possibilité de réunir.

» Les appareils thermo-électriques employés il y a quelques années à déterminer la température intérieure du corps de l'homme et des animaux, ont servi de nouveau au même mode d'investigation, et particulièrement à étudier les changements calorifiques instantanés qu'éprouvent les organes dans divers cas pathologiques ou dans des circonstances physiologiques déterminées, changements qui ne peuvent être appréciés avec les thermomètres ordinaires; ils ont servi de plus à reconnaître que les végétaux ont une chaleur propre, quoique très peu différente de celle des milieux ambiants; que cette chaleur devient inappréciable pendant la nuit, lors du sommeil des plantes, et qu'elle se montre de nouveau sous l'influence de la lumière; tandis que la chaleur propre des boutons et des fleurs persiste pendant la nuit.

» Les forces électriques, agissant comme forces chimiques, nous fournissent les moyens d'étudier l'influence des masses dans les phénomènes dépendant des affinités (question qui a vivement préoccupé les philosophes au commencement de ce siècle) et de mesurer ces mêmes affinités dans diverses circonstances.

» Dans une combinaison de deux atomes, les deux atomes sont unis l'un à l'autre en vertu d'une force appelée *affinité*, dont la nature nous est inconnue et qui varie d'intensité, suivant la température et diverses causes physiques. Or si l'on pouvait, avec un instrument quelconque, d'une délicatesse excessive, saisir chacun des atomes, les tirer en sens contraire de leur attraction réciproque, la force employée pour vaincre l'effet de cette attraction lui servirait de mesure. A défaut de cet appareil idéal, nous avons, dans les courants électriques, une puissance capable de remplir les mêmes fonctions. Il résulte des faits observés que lorsque

deux sels, ayant le même acide, sont dissous en quantités quelconques dans l'eau, on a un moyen rigoureux de déterminer le rapport entre l'affinité de l'acide pour chacune des deux bases, et de suivre pas à pas les variations qu'éprouve ce rapport, à mesure que celui des bases salines change. La loi des masses qui enchaîne tous ces rapports, permet de séparer deux métaux l'un de l'autre dans une dissolution ou même deux substances quelconques, sans avoir recours aux moyens ordinaires de la chimie.

» Il est peu de phénomènes à la production desquels l'électricité ne participe; la phosphorescence est de ce nombre. Des observations récentes sur cette propriété que possèdent certains corps, de devenir lumineux dans l'obscurité, sous l'influence de diverses causes, nous révèlent dans la lumière, particulièrement dans la lumière électrique, une faculté nouvelle. On sait que le spectre solaire, résultant de la décomposition de la lumière dans le prisme, est composé de diverses parties qui possèdent, les unes la faculté calorifique, les autres la faculté chimique. On sait en outre que la lumière rend phosphorescents différents corps qui ont été exposés à son action pendant quelques instants, et que toutes les parties du spectre ne jouissent pas de cette faculté au même degré. Les observations dont il est question montrent que diverses substances, telles que le verre, le gypse, etc., qui laissent passer la lumière entièrement ou sans diminution sensible, peuvent lui enlever partiellement, ou en totalité, le pouvoir de rendre les corps phosphorescents. Ainsi ce pouvoir est tout-à-fait distinct de celui que possède un faisceau de lumière, d'éclairer ou d'échauffer les corps; peut-être la lumière a-t-elle encore bien d'autres propriétés que l'on découvrira un jour!

» Telle est aujourd'hui la délicatesse de nos appareils, que nous pouvons étudier les changements chimiques opérés sous l'influence de la lumière, dans des circonstances où l'on ne pouvait les reconnaître jadis.

» Les travaux sur l'application des forces électro-chimiques à la métallurgie de l'argent, du cuivre et du plomb, sans l'intermédiaire du mercure, en n'employant que peu de combustible ou même point du tout dans un grand nombre de cas, et dont j'ai fait connaître les principes généraux dans une précédente lecture, ont été continués avec succès sur des quantités considérables de minerai, venues de diverses parties de l'Europe, de l'Asie et de l'Amérique. Les recherches ont porté, 1° sur la séparation immédiate des métaux les uns des autres, en particulier de l'argent du

plomb dans la galène; opération tellement rapide, qu'à l'usine d'essai établie à Paris, deux kilogrammes d'argent peuvent être aujourd'hui retirés à l'état métallique d'un minerai d'argent proprement dit, dans l'espace de six heures; 2° sur la préparation à faire subir au minerai pour disposer chaque métal à être enlevé par le courant électrique, préparation qui, variant suivant la nature du minerai, ne présente aucune difficulté quand l'argent s'y trouve à l'état métallique, ou à l'état de sulfure, comme c'est le cas le plus ordinaire au Pérou et au Mexique, tandis qu'elle devient plus compliquée quand l'argent est en combinaison avec d'autres substances, l'emploi d'une petite quantité de combustible devenant alors indispensable pour effectuer un grillage à basse température.

» Dans ces riches contrées il arrive souvent que ces minerais sont abandonnés, soit faute de combustible nécessaire pour les fondre ou les préparer à l'amalgamation, soit à cause de l'éloignement où ils se trouvent de la mer, ce qui s'oppose à leur transport dans des localités de l'Europe, où l'on pourrait les traiter avec avantage.

» Dans la Colombie, où se trouvent des amas considérables de minerais d'or et d'argent très zincifères, les plus riches sont exportés quelquefois en Europe pour être fondus, tandis que les plus pauvres et ceux d'une teneur moyenne sont ou abandonnés ou traités avec si peu d'avantage, que les compagnies sont en perte. On s'occupe en ce moment d'y introduire les nouveaux moyens de préparation qui s'appliquent aussi bien à l'amalgamation qu'au procédé électro-chimique; il est donc permis de croire que ce procédé sera bientôt mis en pratique, sinon en totalité, du moins en partie, dans les contrées des deux Amériques qui réuniront les conditions nécessaires, abondance de sel marin, et, dans quelques cas, un peu de combustible.

» Les minerais d'argent qui résistent le plus à l'amalgamation et aux autres traitements sont ceux qui ont une grande teneur en cuivre ou en arsenic. La quantité en est considérable, surtout au Chili, dont les habitants les offrent aux Européens, qui parfois, faute de fret, les prennent comme lest sans avoir la certitude d'en tirer un parti avantageux, en raison de l'ignorance où ils sont de leur véritable teneur et du mode de traitement à leur appliquer. Quelquefois aussi il arrive (et cela s'est vu tout récemment) que ces mêmes Européens acquièrent des minerais dont la richesse en argent et en cuivre est insuffisante pour acquitter le fret et le traitement. Il s'agissait donc d'extraire séparément de ces minerais, en Europe

et sans trop de dépense, l'argent, le cuivre et l'arsenic. Ce problème vient d'être résolu d'une manière assez satisfaisante pour présenter des avantages à des spéculateurs plus éclairés que leurs devanciers.

» Si l'on étudie la cause du ralentissement de l'exploitation des mines en Amérique, on trouve qu'il faut l'attribuer, non-seulement à la difficulté de traiter certains minerais, mais encore au prix du mercure, qui est tellement élevé, que, au Mexique et au Pérou, les petites exploitations ont été contraintes de cesser leurs travaux; et, de plus, à la difficulté d'épuiser les eaux qui inondent les mines. Ce dernier obstacle cause souvent de grands préjudices aux compagnies européennes établies dans le Nouveau-Monde. Ces inconvénients, graves à la vérité, ne sont pas insurmontables: pour les vaincre, il faudrait la stabilité dans l'état social de chaque pays, et que les arts et les sciences encouragés y jetassent de profondes racines.

» Il n'en est pas de même en Asie, dans les possessions russes, où il existe de grandes richesses minérales dont on tire de jour en jour un parti plus avantageux, grâce à l'introduction successive et raisonnée des perfectionnements apportés en Europe au traitement des métaux précieux, et d'où résulteront des conséquences immenses pour cet empire.

» Dans les mines d'argent de l'Altaïe, qui appartiennent à l'empereur et dont le produit est déjà considérable, l'exploitation est dirigée avec méthode et économie. Les frais d'extraction, de traitement et d'administration ne s'élèvent guère qu'au quart du produit brut, et cependant les minerais sont en général d'une très faible teneur. Ces avantages sont dus au très bas prix de la main-d'œuvre, à l'abondance du combustible et des substances nécessaires à la fonte, avantages qu'on ne trouve pas en général en Amérique, où le prix de la journée d'un mineur est dix fois plus élevé et où le combustible manque, surtout au Mexique et dans les Cordillères, en raison de l'élévation des mines au-dessus du niveau de la mer.

» Quoique le traitement électro-chimique s'applique parfaitement aux minerais de l'Altaïe, comme on l'a reconnu tout récemment sur une quantité assez considérable soumise à ce nouveau procédé, néanmoins il ne faut pas se dissimuler que dans les pays où le combustible est abondant, le sel marin rare, la fonte sera toujours préférable, si ce n'est cependant dans le cas de ces minerais complexes, qui sont souvent l'écueil du métallurgiste.

» Les mines d'argent en exploitation sont peu nombreuses en Russie; on ne compte, comme ayant de l'importance, que celles de l'Altaïe et de Nertchinsk. On cite aussi quelques exploitations dans le Caucase et l'Oural;

mais la grande richesse minérale de cet empire consiste principalement dans les sables aurifères et platinifères dont le lavage, seul traitement qui ait pu être employé jusqu'ici pour retirer l'or et le platine, attire en ce moment toute la sollicitude du gouvernement. Ce lavage, quoique exécuté avec méthode, est encore imparfait, car on perd souvent une partie notable de l'or renfermé dans les sables. Néanmoins le produit est déjà considérable, puisqu'en 1839 il a été de 6100 kilog., c'est-à-dire au-delà de 20000000 fr.

» Les galènes argentifères et aurifères qui ont été traitées par le procédé électro-chimique pour argent et plomb, sont parfaitement disposées pour l'extraction de l'or par le lavage. En effet, ce traitement exige une pulvérisation et un grillage qui dégagent l'or des pyrites ou autres composés qui le retiennent enchâssé; l'argent et le plomb étant enlevés, le minerai se trouve réduit à peu près à moitié de son poids, et le lavage peut s'effectuer alors avec une grande facilité : le quartz et autres matières légères sont dans un tel état de division, qu'un homme bien exercé peut en laver plusieurs centaines de kilogrammes par jour. L'application en a été faite tout récemment sur la galène argentifère découverte il y a peu d'années à Saint-Santin-Cantalès, département du Cantal, et dont la teneur en or ne s'élève pas au-delà d'un décigramme et demi par 100 kilog. de minerai, contenant 30 p. cent de plomb. Après le traitement électro-chimique et le lavage, on arrive bientôt à des résidus renfermant 8 grammes et même plus d'or qui peuvent être traités avec avantage, soit qu'on les fonde, soit qu'on pousse plus loin le lavage. On est porté à croire, d'après cela, que les roches de cette contrée sont aurifères, comme tendrait à le prouver d'ailleurs l'étymologie d'Aurillac (*auri lacus*).

» Ces résultats confirment les avantages obtenus par l'un de nos confrères, en grillant les pyrites aurifères, avant de les soumettre au lavage pour en retirer l'or; avantages qui ont été contestés, dans quelques pays, surtout en Russie. Il paraît que la rareté du combustible est le seul motif qui se soit opposé à l'application en grand de ce procédé en Amérique.

» L'or se trouve en général, en Colombie et aux États-Unis, dans les roches connues des géologues sous les noms de syénite, de syénite porphyrique, de micaschiste et de gneiss, et la quantité en est d'autant plus considérable que ces roches sont dans un plus grand état de décomposition; il en est de même en Russie, où néanmoins la roche aurifère par excellence est la diorite; ce fait général, dont rendent très bien compte les principes de l'électro-chimie, a suggéré un procédé mécanique très simple, qui per-

met de séparer immédiatement les parties renfermant de l'or de celles qui en sont sensiblement privées, de sorte qu'on n'a plus à soumettre au lavage qu'une portion déterminée des sables aurifères.

» Si nous examinons ensuite quels peuvent être les avantages qui résultent des travaux métallurgiques, nous verrons que ces travaux attirent nécessairement sur une contrée naguère déserte les bienfaits de la civilisation, et où ne se trouvait jadis que de la terre végétale, des villages, des villes ne tardent pas à s'élever; mais si, par une sage prévoyance, le pouvoir ne fait pas sentir son heureuse intervention en encourageant l'agriculture, ces localités, que foule une riche population, deviennent bientôt à peu près désertes, comme Villa-Rica, au Brésil, en est un exemple.

» Au temps de sa plus grande prospérité, alors que le produit annuel des sables aurifères montait à près de 120 millions de francs, le chiffre de sa population s'élevait à 20 000 âmes. Depuis un siècle, cet immense produit a diminué peu à peu; les habitants, livrés uniquement au lavage, négligèrent les bienfaits que devait leur procurer l'agriculture dans cette belle et fertile contrée.

» L'éloignement de la métropole, des troubles intérieurs, une incurie d'administration, des exactions de pouvoir, ne tardèrent pas à faire émigrer bon nombre de colons. A peine cette ville offre-t-elle aujourd'hui au voyageur l'ombre de son antique splendeur!

» Il n'en est pas ainsi dans les districts de mine de l'Altaïe, où l'on compte une population ouvrière de 25 000 âmes pour 120 000 agriculteurs. Les encouragements accordés à ces derniers sont tels, que les terres les mieux cultivées sont celles qui se trouvent dans le voisinage des mines. De là résulte nécessairement un accroissement de population qui permettra de donner de plus grands développements aux travaux métallurgiques, aussitôt que les bras ne seront pas tous occupés à l'agriculture, car le gouvernement favorise spécialement le défrichement et la culture des terres, seul moyen de peupler ces vastes contrées.

» Si nous portons maintenant nos regards sur d'autres applications de l'électricité, nous voyons que les mêmes procédés qui servent au traitement des métaux, à quelques modifications près, sont employés avec succès pour dorer les objets d'argent et de cuivre, à un degré de perfection qui ne laisse rien à desirer, et aussi pour prendre des empreintes en cuivre de médailles, de bas-reliefs et de planches gravées au burin, qui ont toutes le précieux et le poli des modèles. Les moules galvaniques reprodui-

sent en relief toutes les saillies de ces planches, et la copie en creux donne des épreuves sur papier ayant quelquefois la perfection des exemplaires avant la lettre. Le nombre de bonnes épreuves que peut fournir une telle planche est assez limité; mais on a l'avantage de pouvoir la remplacer par une autre quand elle commence à s'user.

» Cette puissance, qui tour à tour devient chaleur, lumière, force chimique, est capable de produire encore les effets de la vapeur, autant que l'on peut en juger par des expériences faites d'abord aux États-Unis, puis tout récemment en Russie. Aux États-Unis, elle a été appliquée au service d'une presse typographique; en Russie, à la navigation sur la Newa.

» Une chaloupe de dix rames, munie de roues à palettes, mises en mouvement par une machine électro-magnétique, fonctionnant au moyen d'un appareil voltaïque de petite dimension, a remonté ce fleuve, par un vent contraire très violent. Certes, si l'on supputait la dépense nécessaire pour mettre en action une machine électro-magnétique capable de mouvoir un vaisseau de guerre, il est probable que cette dépense serait de nature à faire abandonner aujourd'hui cette nouvelle application; mais quand on pense que les corps recèlent entre leurs molécules une énorme quantité d'électricité, et que tous les jours nous parvenons à enlever à moins de frais une plus grande portion de cette puissance, il est permis d'espérer qu'un jour viendra où l'on en rendra libre une quantité suffisante pour l'appliquer à la navigation. Ainsi, loin de rejeter les premières tentatives faites dans le Nord pour remplacer la vapeur par l'emploi de courants électriques, on doit au contraire encourager des recherches qui conduiront peut-être à la solution d'une des plus grandes questions industrielles que l'on puisse se proposer de résoudre.

» Les forces à l'aide desquelles on retire les métaux de leurs minerais ont une telle énergie, qu'elles serviront peut-être un jour à mettre en mouvement des appareils destinés à broyer et à faire subir aux minerais les diverses préparations mécaniques sans lesquelles le traitement ne saurait avoir lieu.

» En présence de tant de faits, dont chaque jour fait mieux apprécier l'importance, on comprend facilement tout ce que l'avenir réserve à l'emploi d'une force dont la puissance est pour ainsi dire infinie, qui existe enchaînée, silencieuse partout où il y a de la matière, et dont l'homme saura peut-être un jour se rendre maître!

» En interrogeant le présent pour prévoir l'avenir, nous verrons que les

besoins impérieux qu'exigent l'accroissement de population, résultant des progrès de la civilisation, amènent le défrichement des forêts; que les houillères ne sont pas inépuisables, et qu'un temps viendra où la rareté du combustible sera un obstacle aux travaux métallurgiques. Ce temps est à la vérité bien éloigné encore, mais occupons-nous dès à présent à préparer à nos arrière-neveux les moyens d'extraire les métaux de leurs minerais, et de se livrer à diverses industries, sans l'intervention du feu! »

Après cette lecture, M. Flourens, secrétaire perpétuel pour les sciences physiques, lit l'Éloge de feu M. *Frédéric Cuvier*.

COMPTE RENDU

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 20 JUILLET 1840.

PRÉSIDENCE DE M. PONCELET.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

CHIRURGIE. — *Remarques sur le strabisme; par* M. Roux.

« Sans les occupations aussi nombreuses que graves qui ont absorbé les moments de l'Académie, je devais prendre la parole il y a trois semaines, immédiatement après la communication d'une lettre adressée par M. le docteur Jules Guérin, dans laquelle il s'agit de la section des muscles de l'œil, telle qu'elle a été proposée et mise en pratique un grand nombre de fois déjà par M. Dieffenbach de Berlin pour la guérison du strabisme, et de quatre cas dans lesquels M. Jules Guérin vient de répéter cette opération. Probablement alors, et seulement parce que l'occasion m'était offerte de le faire, je me serais contenté de rendre compte à l'Académie des résultats, non encore décisifs, de deux premiers essais de la méthode de M. Dieffenbach, auxquels je me suis livré il y a déjà six semaines. Très certainement même, et sans cette communication faite par M. Jules Guérin des cas dans lesquels il vient de pratiquer la section des muscles de l'œil pour tenter la guérison du strabisme, je n'aurais point encore parlé de ceux qui me sont

propres : j'aurais attendu qu'ils fussent plus multipliés, et je n'aurais entretenu une première fois l'Académie du sujet dont il s'agit que lorsque j'aurais été à même d'apprécier à sa juste valeur la pensée, heureuse peut-être, mais peut-être aussi plus ingénieuse et plus séduisante que pleine d'avenir, du chirurgien de Berlin. C'est une chose qui a son mauvais côté dans les sciences qu'un trop grand empressement à mettre au jour des faits non encore parfaitement accomplis, ou qui n'ont point encore atteint toute leur maturité, de même que l'impatience qui porte à tirer de faits en petit nombre des conséquences qui ne devraient être et ne peuvent être rigoureusement déduites que de faits très multipliés.

» Quoi qu'il en soit, et maintenant que j'ai pu prendre une connaissance plus parfaite de tout ce que renferme la lettre de M. Jules Guérin, je crois avoir un autre devoir à remplir : j'éprouve le besoin de communiquer les réflexions qu'elle m'a suggérées sur le sujet auquel elle se rapporte. C'est pour que mes remarques aient toute la précision possible, et qu'elles ne donnent pas lieu à de fausses interprétations, qu'au lieu de les présenter verbalement, j'en ai fait l'objet d'une petite Note écrite. Elles viendront après l'exposé succinct de mes deux opérations par la méthode de M. Dieffenbach.

» Deux fois donc, depuis le jour où j'avais annoncé à l'Académie que je m'occupais de répéter la section de l'un des muscles moteurs de l'œil pour remédier au strabisme, et deux fois seulement j'ai pratiqué cette opération. Ce sont les seules occasions qui m'aient été offertes jusqu'à présent d'en faire l'essai dans des circonstances convenables. Ç'a été sur deux hommes, l'un âgé de dix-neuf ans, l'autre ayant atteint l'époque moyenne de la vie. Chez l'un et chez l'autre il s'agissait d'un strabisme convergent de l'œil droit : et cette dernière circonstance, que l'incommodité affectait l'œil droit, sans être tout-à-fait extraordinaire, est néanmoins tant soit peu remarquable ; car le strabisme est généralement plus fréquent à gauche qu'à droite, par une raison que j'indiquerai bientôt. Chez ces deux sujets le strabisme datait de la première enfance, et dépendait sans doute d'une prédisposition congéniale. Chez tous les deux aussi il y avait une grande différence entre les deux yeux quant à l'étendue du point de vue distinct, à tel point que le jeune homme, qui voyait assez distinctement pour lire, et qui voit facilement avec son œil gauche à une distance de 27 pouces, ne voyait qu'à la distance de 12 pouces avec son œil droit.

» J'avais à leur faire la section du muscle droit interne ou adducteur,

puisqu'ils étaient atteints d'un strabisme convergent. J'ai suivi très exactement le procédé indiqué par M. Dieffenbach : j'ai incisé verticalement la conjonctive sur la partie interne de l'œil, après avoir eu le soin de tenir les deux paupières écartées l'une de l'autre au moyen de crochets mousses, et après avoir eu saisi la conjonctive elle-même avec une aiguille double à pointes courtes, pour mettre cette membrane dans un certain degré de tension : par l'écartement des bords de la petite plaie, et surtout par le soulèvement du bord interne, le muscle s'est trouvé mis à découvert; je l'ai soulevé avec un petit instrument cannelé, sur lequel il ne s'est plus agi que de diriger la lame étroite d'un autre instrument pour terminer l'opération, qui, chez l'un comme chez l'autre sujet, n'a présenté aucune difficulté remarquable. Je m'attendais à ce que l'œil serait immédiatement entraîné en dehors par la contraction involontaire du muscle droit externe ou abducteur qui n'avait plus à lutter contre une force antagoniste. Cette déviation n'a eu lieu qu'à un faible degré : elle a été réelle cependant; et pour l'un et l'autre malade le champ de la vision s'est un peu agrandi à droite : chacun d'eux, en s'efforçant de regarder dans ce sens, croyait apercevoir un plus grand nombre d'objets.

» Voilà pour le résultat instantané ou immédiat. Les phénomènes consécutifs ont différé beaucoup chez les deux malades. Chez l'un d'eux, une inflammation assez violente s'est emparée de toute la membrane conjonctive. Cette inflammation, qui dans un moment m'avait inspiré quelque inquiétude, paraît devoir se terminer cependant sans laisser de traces sur la cornée transparente, sans dommage aucun pour la vision, qui du côté opéré restera sans doute telle qu'elle était auparavant, en supposant qu'elle ne doive pas subir une heureuse modification. Chez l'autre sujet, c'est le jeune homme de dix-neuf ans, qui priserait bien plus le succès de l'opération, tout s'est passé primitivement de la manière la plus simple. Après quelques jours, toute trace de l'incision faite à la membrane conjonctive et de l'irritation légère provoquée par cette incision, avait complétement disparu.

» C'est chez ce jeune homme seulement qu'on pourrait peut-être déjà apprécier le résultat définitif de l'opération qu'il a subie; car, sur l'autre, il reste encore trop d'inflammation à la conjonctive, l'œil est encore, même après six semaines, trop sensible à l'impression de l'air et à la lumière, pour qu'on puisse bien juger jusqu'à quel degré s'accomplit maintenant le mouvement d'abduction, et jusqu'à quel point aussi il y a concordance dans les mouvements des deux yeux. D'ailleurs, pour lui comme pour l'autre, bien peu de temps encore s'est écoulé depuis l'instant où

l'opération a été pratiquée : elle leur avait été faite à tous deux le même jour, presque au même moment; et si, comme je le pense, un strabisme de l'espèce de ceux dont on peut espérer ou du moins entreprendre la guérison ne peut cesser, par la section ou sans la section du muscle dont l'action prépondérante l'a fait naître et l'entretient, qu'à cette condition, savoir, que l'œil affecté récupérera sa sensibilité normale, une aptitude à voir nettement les objets à peu près égale à celle de l'autre, une telle métamorphose ne peut probablement pas s'accomplir en quelques jours: il doit falloir des semaines, peut-être des mois, peut-être un temps plus long encore. Aussi ne suis-je pas très surpris de ne rien observer encore de très satisfaisant quant au résultat définitif chez celui-là même de mes deux opérés qui a été le plus heureux, chez le jeune homme de dix-neuf ans. On croit remarquer que dans le regard horizontal à droite, l'œil droit se porte un peu plus en dehors que cela n'avait lieu avant l'opération : peut-être a-t-il moins de tendance à se porter en dedans dans le regard direct ou le regard en avant; néanmoins la déviation en ce sens est encore notable, et l'on ne peut pas dire que ce jeune homme ait retiré, jusqu'à présent au moins, un avantage bien réel et bien grand de l'opération à laquelle il a été soumis.

» On le voit, ces deux faits qui me sont particuliers ne disent rien encore : ils n'ont rien de décisif, rien de concluant ; s'il fallait même absolument en exprimer le résultat, en tirer une conséquence, je dirais qu'ils ne jettent pas un grand éclat sur la méthode de M. Dieffenbach, et qu'ils déposent plutôt contre cette méthode. C'est la conséquence que je tirerais volontiers aussi, au moins quant à présent, des quatre cas qui ont été communiqués par M. Jules Guérin. M. Guérin ne paraît pas lui-même très satisfait des résultats qu'il a obtenus : du moins ne sont-il pas rapportés en termes non équivoques. Avec l'esprit élevé dont il a donné tant de preuves, peut-être M. Guérin eût-il mieux fait d'attendre que le temps eût donné à ces résultats, bons ou mauvais, un caractère plus positif. J'aurais aimé que M. Jules Guérin ne contestât pas à M. Dieffenbach le mérite, si cette pensée doit être féconde en succès, d'avoir le premier proposé et mis en pratique la section d'un ou de plusieurs des muscles moteurs de l'œil, pour entreprendre la guérison du strabisme qu'on peut appeler essentiel.

» Il a tort pareillement, je le crois du moins, de considérer comme un perfectionnement au procédé de M. Dieffenbach, et comme une modification propre à conjurer les dangers de l'opération elle-même, le soin qu'il dit

avoir pris et qu'il recommande, de découvrir le muscle qui doit être coupé, non par une simple incision verticale de la conjonctive, mais en formant un lambeau qui, momentanément séparé de la sclérotique, doit ensuite être réappliqué sur cette membrane, et recouvrir les parties divisées plus profondément. Un tel procédé, en rendant l'opération plus compliquée, plus minutieuse, est plus propre à augmenter les dangers qu'à les prévenir. Que, puisqu'il n'est pas possible ou qu'il ne serait pas prudent d'appliquer ici la section sous-cutanée, telle qu'on la pratique pour d'autres muscles, ou pour d'autres tendons, le mieux est assurément d'arriver au muscle qu'on veut diviser par la voie la plus courte, et d'inciser dans la moindre étendue possible la membrane conjonctive, dont on a à redouter l'inflammation, bien plus que celle des parties qui lui sont sous-jacentes.

» Mais j'ai à m'élever avec plus de force contre une manière de considérer le strabisme, contre une hypothèse sur le caractère de cette difformité que M. Jules Guérin dit avoir été indiquée par un membre de cette Académie, et qu'il adopte et propose avec confiance. Suivant lui, le strabisme est comparable à cette difformité si fréquente du pied qu'on nomme *pied-bot;* c'est le pied-bot de l'œil. Je ne sais à qui cette pensée appartient; elle n'est pas mienne, je l'assure : je n'y vois qu'un jeu de l'esprit; c'est un de ces rapprochements qui plaisent un moment à l'imagination, mais qui ne peuvent satisfaire des esprits rigoureux, parce qu'ils ne découlent pas de la nature des choses. Ce n'est pas l'observation exacte des phénomènes du strabisme qui a conduit à mettre sur la même ligne cette déviation de l'œil et celle du pied qui constitue le pied-bot; la comparaison doit être venue après coup comme pour faire naître des préventions en faveur de la ténotomie appliquée au traitement du strabisme. Il importe beaucoup de faire voir qu'elle n'est point exacte, puisqu'on se montre disposé à en tirer des inductions qui seraient également fausses, et qui pourraient avoir de fâcheux résultats.

» Oui, sans doute, il y a attitude vicieuse, déviation de l'œil dans le strabisme ou la vue louche, comme il y a déviation du pied dans le pied-bot ou la stréphopodie; mais à cela se borne l'analogie entre ces deux difformités. Encore en les comparant sous le rapport de la déviation même des deux organes qui sont le siége, on voit que l'analogie est vraiment plus apparente que réelle. Dans le pied-bot une fois constitué, la déviation du pied est fixe, immuable, c'est-à-dire qu'elle ne cesse jamais momentanément; elle tend plutôt à augmenter qu'à diminuer, et ne peut disparaître que par l'allongement des muscles, des tendons ou des autres

parties fibreuses, dont la rétraction ou le raccourcissement en est la cause incessante. Dans un strabisme quelconque, au contraire, il y a bien tendance continue à la déviation de l'un des yeux, puisque la cause est permanente, mais la déviation elle-même ne l'est pas, elle cesse et reparaît alternativement; elle est subordonnée, et toujours subordonnée, au concours, à la simultanéité du mouvement des deux yeux dans les différentes sortes de regard: elle n'est point absolue, elle n'est que relative, et il faut définir rigoureusement le strabisme, non pas une déviation permanente de l'un des yeux, mais un défaut de concordance des deux axes optiques pour tel regard ou pour tel autre.

» Oui, sans doute encore, dans le strabisme, comme dans le pied-bot, il y a irrégularité, vice d'action dans les puissances motrices; mais ce n'est point une rétraction de tel muscle ou de tel autre, du droit interne pour le strabisme convergent, du droit externe pour le strabisme divergent, qui détermine et entretient la difformité: il y a seulement prédominance d'action de l'un de ces muscles, et le muscle dont l'action est ainsi prépondérante, conserve sa souplesse, son extensibilité; il peut céder et s'allonger par le jeu puissant de son antagoniste. C'est pour cela que par une volonté forte, l'individu le plus louche peut cesser pour quelques instants de loucher; ou bien, que seulement chez lui l'œil qu'on peut appeler le bon soit couvert et soustrait momentanément à la lumière, le regard devient possible dans tous les sens avec l'œil strabique, dont un des mouvements ne s'opérait naguère et ne s'opère habituellement que d'une manière incomplète ou à un très faible degré.

» Il faut dire plus: la prédominance d'action de l'un des muscles moteurs de l'œil, principalement du muscle adducteur ou du muscle abducteur, n'est pas la seule chose à considérer dans le strabisme; ce n'est pas d'elle qu'il procède uniquement. Tout strabisme se compose de deux éléments: celui-là d'abord, qui selon les cas peut être cause ou effet, mais qui le plus souvent n'est que secondaire ou consécutif à l'autre élément, qui a préexisté: et cet autre élément, c'est l'inégalité de force ou de puissance visuelle des deux yeux; c'est la faiblesse relative, à un degré plus ou moins considérable, de l'un de ces organes, de celui qui est affecté de strabisme. C'est chose extraordinairement rare que cette difformité existe sans cette irrégularité de force entre les deux yeux, qui dans le plus grand nombre des cas est primitive, ou antérieure à la désharmonie dans le jeu des muscles. Généralement aussi cette inégalité de force des deux yeux chez l'individu strabique est originelle, congéniale, comme l'a si bien dit Buffon,

dont les vues sur le strabisme ne me semblent point avoir vieilli, et concordent si bien avec ce que l'observation de tous les jours fait connaître.

» C'est à cause de cette dernière circonstance que le strabisme affecte plus souvent l'œil gauche que l'œil droit, comme beaucoup d'autres difformités sont pareillement plus fréquentes à gauche qu'à droite, comme beaucoup de maladies ou d'affections proprement dites nous offrent la même particularité, et le tout en conséquence de ce grand fait de l'organisme chez l'homme au moins, savoir, que nous naissons avec une prépondérance, une prédominance de force, d'action, du côté droit du corps sur le côté gauche, avec une faiblesse relative de cette dernière moitié du corps. C'est parce que le strabisme dérive presque toujours de la faiblesse innée ou acquise de l'un des yeux, qu'il coïncide souvent avec une myopie plus ou moins forte, ou qu'on l'observe plutôt chez des personnes qui ont la vue courte que chez celles qui ont une grande portée de vue. C'est pour cela encore qu'il se développe si facilement dans l'enfance; je devrais plutôt dire qu'avec une prédisposition congéniale donnée, le strabisme doit se développer dès la première enfance, et que la même cause ne le produirait pas aussi facilement chez un sujet adulte, parce qu'après les premières phases de la vie et à mesure que nous avançons en âge, les limites de la vue distincte s'éloignent de plus en plus. C'est encore ce qui a été si parfaitement exprimé par Buffon.

» Je partage pleinement son opinion sur ce point. C'est en la méditant, c'est en y réfléchissant que les idées suivantes se présentèrent à mon esprit il y a bien long-temps déjà. Je pensai qu'en faisant fonctionner l'œil faible ou l'œil strabique exclusivement, on pourrait obtenir que, par degrés, il recouvrât une force nouvelle, égale ou presque égale à celle de l'autre, ou de l'œil le plus fort; qu'une fois l'équipondérance établie dans la puissance visuelle des deux yeux, il devait y avoir une tendance naturelle au rétablissement de l'harmonie dans le jeu des muscles; qu'ensuite de ces changements physiques, et avec l'aide d'une volonté puissante, le strabisme pourrait disparaître, ou du moins se changer en une simple hésitation dans le regard, susceptible de s'évanouir avec le temps; et l'idée me vint enfin que puisque, toutes choses étant égales d'ailleurs, et sous l'empire de la même inégalité de force entre les deux yeux, la prédisposition au strabisme serait moindre dans l'âge adulte que dans l'enfance, on devait pouvoir entreprendre de faire cesser cette incommodité avec plus de chances de succès chez un sujet adulte que chez un jeune sujet. C'est ce que l'expérience a démontré. Je ne m'étais pas trompé dans mes prévisions; et puisqu'il est très certain que

sous l'influence de moyens simplement destinés à faire récupérer à l'œil affecté de strabisme la puissance visuelle qu'il a perdue ou qu'il n'a jamais eue, ou bien à mettre en jeu la puissance antagoniste des muscles, les probabilités pour la guérison augmentent avec l'âge du sujet ou avec l'ancienneté de la maladie, n'y a-t-il pas là une nouvelle preuve, et une preuve positive, irréfragable, du fait que j'ai voulu établir, savoir, que dans le strabisme il n'y a pas rétraction permanente des muscles, et que dès lors il n'y a point une analogie véritable entre le strabisme et le pied-bot?

» J'ai obtenu plusieurs fois la guérison du strabisme sur des sujets adultes, par la voie simple que je viens de rappeler, c'est-à-dire en constituant l'œil strabique seul organe de la vision, en le faisant fonctionner exclusivement. Entre les faits de ce genre, nul n'est plus remarquable que le premier. D'abord il a ouvert la série des autres; puis il s'est passé dans des circonstances toutes particulières. Je demande à l'Académie la permission de le lui rapporter en très peu de mots. Il date de 1815: c'était donc il y a vingt-cinq ans. Je venais de relire dans Buffon son histoire de l'homme et les remarques qu'il présente sur le strabisme ou la vue louche à propos du sens de la vue, et ces remarques avaient fait naître soudain en moi cette pensée, que le strabisme devait être plus susceptible de guérison dans l'âge adulte que dans la jeunesse. Je connaissais alors, je me trompe, je vivais dans l'intimité la plus grande avec un homme du même âge que moi, qui avait, depuis son enfance, un strabisme divergent des plus considérables. Ce strabisme coïncidait avec une de ces vues de moyenne portée, les meilleures de toutes, peut-être, parce qu'elles ne sont ni assez courtes pour qu'il soit besoin de les fortifier par l'usage des lunettes à verres concaves, ni si longues qu'elles se changent, bien avant le déclin de la vie, en une presbytie qui rend nécessaire de très bonne heure l'usage de lunettes à verres convexes. J'avais pu prédire à l'homme dont je parle qu'il ne serait jamais obligé d'employer des lunettes d'aucune sorte, et jusqu'à présent ma prévision s'est accomplie. Il avait embrassé, et poursuivait, non sans quelques avantages déjà, une de ces carrières scientifiques dans lesquelles le seul mérite ne suffit pas toujours pour parvenir au premier rang, une de ces professions qui mettent continuellement en rapport avec les personnes du monde, dans lesquelles une certaine perfection des sens, ainsi qu'une grande adresse, sont nécessaires, et dans lesquelles enfin certains désavantages physiques peuvent mettre obstacle à de grands succès. Et quand de tels désavantages existent, que n'a-t-on pas à craindre des rivalités jalouses? est-on sûr de pouvoir éviter les traits

de l'envie? Cette carrière devait donc être pour lui semée de contrariétés, tout au moins d'embarras. Mais peut-être aussi trouva-t-il dans ce qui pouvait en être la source, un motif d'émulation, un puissant aiguillon : le fait est qu'à dessein, et de bonne heure, il avait recherché celles des occupations de son art qui sont le plus minutieuses, le plus délicates, et dans lesquelles il y a le plus de difficultés à surmonter. C'était comme un autre moi-même ; je connaissais son chagrin de tous les instants ; je savais combien il était malheureux d'être né avec sa difformité, combien il serait heureux d'en être délivré. Comme j'avais été le confident de ses peines, je le rendis le premier confident des espérances que j'avais puisées dans Buffon. Il n'hésita pas un moment à se laisser diriger par mes conseils, et il le fit avec une persistance qui lui coûta d'autant moins, que chaque jour était marqué par un progrès appréciable dans la force et l'extension de la vue, primitivement si faible, si confuse de l'œil strabique. C'était la nuit, surtout, en se livrant au travail, à l'insu de ses proches, de ses autres amis les plus intimes, et cela pour leur ménager le plaisir d'une surprise, ou pour leur cacher des tentatives qui pouvaient être infructueuses, qu'il se livrait aux exercices que je lui avait recommandés ; ces exercices étaient suspendus pendant le jour, ou n'étaient faits qu'à la dérobée. Néanmoins, quelques semaines ont suffi pour que l'œil qui avait été strabique acquît par degrés une force, une puissance d'action tout-à-fait égale à celle de l'autre ; pour que se faisant alors par le concours des deux organes que la nature y a destinés, la vue elle-même acquît plus de portée, plus de netteté, plus de précision, et cette force en plus qu'on sait résulter de la différence qui existe entre la vision avec les deux yeux et la vision avec un seul ; pour qu'enfin il s'établît entre ces organes, une harmonie, une concordance de mouvements synergiques qui ne s'est jamais démentie. Cet évènement accompli, l'homme de la vie duquel je viens de rapporter une circonstance remarquable, a eu en lui plus de confiance ; libre d'un grand souci, il a marché d'un pas plus ferme dans la carrière où le hasard, plutôt qu'une vocation première, l'avait engagé ; et probablement que ses soins, ses efforts, ses travaux, avant comme depuis la guérison du strabisme dont il était affecté, n'ont pas été sans quelque mérite, puisqu'il est parvenu à l'honneur insigne de siéger maintenant parmi vous.

» Je m'arrête aujourd'hui à ces premières considérations sur le strabisme, que d'autres suivront peut-être. En les présentant, je ne prétends point en faire des objections absolues contre la méthode de M. Dieffenbach ; je n'ai pas voulu non plus déprécier cette nouvelle manière d'entreprendre la gué-

rison d'une difformité aussi choquante que le strabisme; je n'ai pas voulu détourner de la soumettre à l'expérience, pour en bien déterminer la valeur, puisque, loin de là, je l'ai expérimentée aussitôt qu'il m'a été possible de le faire, et que j'appelle de tous mes vœux de nouvelles occasions de l'expérimenter encore : mon seul but a été de faire ce qui peut dépendre de moi pour que l'avenir de cette méthode, quel qu'il doive être, ne soit pas dès l'abord embarrassé, et pour ainsi dire compromis par de fausses vues, ou par des espérances mal fondées. »

ENTOMOLOGIE. — *Communication verbale sur une éducation faite à Paris d'un ver à soie de la Louisiane* (Bombyx cecropia, LINNÉ); *par* **M. V. AUDOUIN.**

« On sait que le genre *Bombyx* se compose de beaucoup d'espèces dont les chenilles construisent leurs cocons uniquement avec de la soie, c'est-à-dire sans associer à leur fil aucun corps étranger, ce qui a valu à ces cocons le nom de *cocons de pure soie*. Le *Bombyx* du mûrier, *Bombyx mori*, est rangé dans cette division et il doit y occuper la première ligne, tant à cause de la qualité et de l'abondance de la matière qu'il fournit, que parce qu'il a été jusqu'ici la seule espèce qui ait été l'objet d'un commerce considérable chez les nations civilisées et particulièrement en Europe. Cependant il est bien certain aujourd'hui que plusieurs autres espèces du genre *Bombyx* fournissent des fils soyeux dont on tire aussi parti, mais qui ne sont pas encore l'objet d'une exploitation étendue. On peut citer parmi elles quelques *Bombyx* des Indes orientales, et entre autres le *Bombyx mylitta*, dont la chenille fabrique un cocon pourvu d'un long pédicule et qu'elle fixe aux branches des arbres par le moyen d'un anneau soyeux, très solidement et fort artistement formé. L'Académie a vu, il y a quelques années, plusieurs de ces cocons rapportés par M. Lamarre-Picot; mais ce sont les deux Amériques, et surtout l'Amérique du nord, qui nourrissent des espèces donnant des soies très remarquables, et dont les habitants font usage, soit en dévidant les cocons, soit en les cardant.

» La Louisiane, entre autres contrées du continent américain, est fournie de plusieurs de ces intéressants *Bombyx*.

» J'avais eu, depuis quelques années, des indications sur ces insectes, et je m'étais adressé à des personnes habitant à la Nouvelle-Orléans pour chercher à les compléter, sans avoir pu y réussir, lorsque je reçus, le 19 février 1840, de M. Lavallée, directeur de l'École centrale des Arts et

Manufactures, des cocons qui lui avaient été envoyés de la Nouvelle-Orléans par son beau-frère. Ces cocons, au nombre de *seize*, renfermaient des chrysalides dont plusieurs vivaient encore. Je les plaçai de suite dans des conditions favorables d'humidité et de chaleur pour obtenir l'éclosion des papillons.

» Par leur *facies* ces cocons ont beaucoup d'analogie avec ceux de notre Bombyx grand paon, *Bombyx pavonia major* des environs de Paris : ils sont d'un brun roussâtre plus ou moins foncé, mais ils s'en rapprochent davantage par leur structure. Ainsi, l'un de leurs bouts est terminé un peu en pointe, et à cet endroit il existe une ouverture naturelle, en sorte que le papillon n'a pas à percer son cocon, à la manière du Bombyx du mûrier, afin d'en sortir, mais seulement à écarter des fils qui cependant convergent assez intimement entre eux pour oblitérer l'ouverture et la rendre infranchissable de dehors en dedans.

» Il paraît que chacun de ces cocons est fixé par sa bourre et dans toute sa longueur à une branche d'arbre ; car tous ceux que j'ai reçus de M. Lavallée sont pourvus d'un fragment de cette branche, et plusieurs centaines de cocons, dont malheureusement les nymphes sont mortes, et que m'a envoyés récemment un propriétaire de la Nouvelle-Orléans (M. Claudot-Dumont), offrent aussi une trace de branche.

» Quoi qu'il en soit, ces divers envois de cocons n'ont été accompagnés d'aucun renseignement qui ait pu me mettre sur la voie de réussir à élever les chenilles qui les produisaient. Au contraire, on m'a parlé des difficultés très grandes qu'on avait rencontrées dans leur éducation, et du peu de succès obtenu à la suite de tentatives nombreuses qu'on avait faites. Toutefois, ce qui était bien certain, c'est que l'insecte abondait à la Louisiane, qu'il vivait dans les bois, sur certains arbres, et que les cocons transportés en masse par les indigènes, à la Nouvelle-Orléans, pouvaient être dévidés avec succès dans cette ville, et fournissaient pour le commerce une soie très estimée, avec laquelle on fabriquait des étoffes d'une excellente qualité. Cette dernière considération me décida à entreprendre des essais, mais par des méthodes expérimentales, de manière qu'en cas de non-réussite, il pût rester de ces essais quelques faits pour la science.

» J'avais reçu, je le répète, le 19 février 1840, de M. Lavallée, des *cocons de pure soie,* originaires de la Louisiane : la saison n'étant pas encore assez avancée pour tenter l'éclosion de quelques-uns de ces papillons, je les plaçai dans un lieu où la température ne pouvait dépasser 10 degrés centigrades au-dessus de zéro. Je les laissai jusqu'au 5 mai au matin dans cette

condition, et, ce même jour, je me décidai à les soumettre à une température que j'élevai et maintins à 15 et 20 degrés.

» Le 17 mai j'obtins une première éclosion : le papillon qui était sorti du cocon était un mâle, et l'examen de ses caractères me fit reconnaître qu'il appartenait au genre Bombyx et à l'espèce que Linné a désignée sous le nom de *Bombyx cecropia*.

» Du 17 au 20 mai, il me naquit huit autres individus, dont cinq mâles et trois femelles; je les plaçai tous dans de très grands bocaux doublés de papier au fond, et couverts d'une gaze; et je les tins à une température de 20 à 25 degrés centigrades. Le 19 des œufs furent pondus. N'ayant pas été témoin de l'accouplement des papillons, je craignais de ne pas obtenir l'éclosion de ces œufs; cependant je les plaçai dans des circonstances favorables. Leur développement et l'examen anatomique que j'en fis me prouvèrent bientôt qu'ils avaient vie : j'en eus la preuve plus positive encore le 25 mai, à sept heures du matin, ayant été témoin de l'éclosion d'un premier œuf. A la sortie de son œuf la chenille a 4 millimètres de longueur; elle est toute noire et couverte de nombreuses épines noires qui dans l'œuf sont couchées les unes sur les autres, et qui, au moment de l'éclosion, se redressent et s'épanouissent; enfin je vis distinctement que ces épines étaient placées circulairement sur un certain nombre de tubercules.

» Pendant deux jours j'eus la satisfaction d'avoir une trentaine d'autres éclosions, mais ce premier résultat obtenu, comment devais-je agir pour lui donner suite? quelle nourriture offrir à ces petites chenilles? Fallait-il les soumettre toutes au même régime, leur donner à toutes exclusivement des feuilles de mûrier, ou des feuilles de cerisier, de saule, de chêne, ou bien encore des feuilles de certains arbres fruitiers? A quel choix m'arrêter parmi les indications les plus contradictoires qu'on m'avait transmises de la Nouvelle-Orléans? Ou bien, n'était-il pas préférable que j'offrisse aux unes des feuilles de tel arbre, et aux autres des feuilles d'autres arbres? Cette dernière manière d'opérer devait avoir sans doute l'inconvénient d'amener la perte de bien des chenilles; mais elle me donnait l'espérance de pouvoir ainsi découvrir la plante qui convenait réellement à cette race de vers à soie.

» Toutes réflexions faites, je me décidai à suivre cette dernière marche et j'avisai au moyen de multiplier autant que possible mes essais.

» J'avais des raisons pour supposer que la chenille vivait à l'état sau-

vage (1), et d'un autre côté, j'étais à peu près certain, par le motif que le cocon est toujours fixé sur des branches d'arbres, qu'elle fréquentait les feuilles de ces arbres et s'en nourrissait. Cette observation devait naturellement m'engager à circonscrire mes tentatives aux végétaux arborescents et ligneux. En conséquence, je partageai mes trente chenilles en cinq groupes auxquels je donnai des branches d'arbres de familles différentes. J'indiquerai, lors de la publication de mon Mémoire, les précautions que je pris pour assurer l'exactitude de chacune de mes expériences. Il me suffira, pour le moment, de dire que je me convainquis bientôt de la préférence de mes chenilles pour les feuilles de prunier. Ce premier résultat obtenu, je devins plus hardi pour de nouvelles éclosions d'œufs qui eurent lieu chez moi le 15 juin, depuis le 25 mai, c'est-à-dire déjà pendant cinquante-six jours; j'ai eu la satisfaction de mener à bien mon éducation, en nourrissant exclusivement les belles chenilles que vous voyez, non-seulement avec diverses espèces de pruniers propres à l'Amérique du Nord, et qu'on élève aujourd'hui en pleine terre au Muséum d'histoire naturelle, telles que les *Prunus rectilinea, montana, hyemalis;* mais aussi en leur offrant des feuilles des *Prunus spinosa* et *communis*, qui sont cultivés en France. Déjà la plupart de ces chenilles ont subi quatre changements de peau. Je mets sous les yeux de l'Académie :

» 1°. Des chenilles du premier âge, c'est-à-dire avant le premier changement de peau : elles sont noires, avec la base des tubercules quelquefois jaune;

» 2°. Des chenilles du second âge, ou ayant subi un premier changement de peau. Alors tout le corps est jaune, ponctué de noir et surmonté de tubercules également noirs avec des épines de même couleur. Des dessins, exécutés avec soin, représentent ces deux premiers âges ;

» 3°. Des chenilles du troisième âge, ou qui ont subi leur deuxième mue. Elles atteignent quelquefois 4 centimètres de longueur; leurs couleurs sont vives et très belles; la peau est d'un vert tendre, jaunâtre sur les côtés; plus pâle sur le dos et légèrement bleuâtre, elle est tachetée partout de petits

---

(1) Un des motifs qui me porta à croire qu'il en était ainsi, fut l'éclosion de l'un des cocons de Bombyx, d'un insecte parasite de la division des Ichneumonides et du genre *Ophion*. Si les chenilles avaient été élevées dans un lieu clos, comme nos magnaneries, il n'est pas probable que ce parasite aurait pu s'y introduire et déposer dans l'intérieur du corps des chenilles un de leurs œufs.

points noirs. Les tubercules sont de couleur variée. On observe, sur la partie dorsale, deux lignes de tubercules d'un beau jaune-jonquille, excepté les quatre premiers qui sont d'un rouge éclatant, et latéralement de chaque côté, deux lignes de tubercules, sur toute la surface du corps, bleu de ciel. Ce qui ajoute encore à la variété et au contraste de ces couleurs, ce sont les petits poils épineux d'un noir brillant et disposés en couronne au sommet de chacun de ces tubercules;

» 4°. Des chenilles du quatrième âge, ou qui viennent d'éprouver leur troisième changement de peau. Elles dépassent quelquefois en longueur 5 centimètres; on peut même en voir, parmi celles que je présente, quelques-unes qui ont atteint 6 centimètres. A cet état, la couleur de la peau est d'un vert bleuâtre assez vif, mais cependant légèrement grisâtre, surtout dans toute la longueur dorsale, ce qui donne à la chenille un aspect cireux très remarquable. Cette comparaison que je me permets de faire est si juste, que toute personne qui verrait ces chenilles placées sur une feuille de papier et dans leur état presque ordinaire d'immobilité, les croirait artificielles et faites en cire. A ce quatrième âge, la peau ne présente plus aucune tâche noire; les tubercules sont de même couleur que dans le troisième âge, seulement les quatre tubercules rouges ont une couleur rose que je ne saurais mieux comparer qu'à de la gelée de groseille bien translucide.

» 5°. Enfin, parmi les chenilles du *Bombyx cecropia* de la Louisiane, que je montre à l'Académie, plusieurs sont arrivées à leur cinquième âge. Ces chenilles, qui viennent de muer pour la quatrième fois, ont à peu près la même couleur bleue de la peau, mais ce bleu tire davantage sur le blanc cireux. Les quatre rangées latérales de tubercules sont d'unbleu vif, assez semblable à celui qu'ils avaient dans l'âge précédent. Mais une différence tranchée s'observe maintenant dans la coloration des deux rangées de tubercules dorsaux: les quatre premiers ne sont plus rouges, mais d'un beau jaune comme les tubercules qui les suivent; de plus, ils diffèrent par leur énorme grosseur et leur forme en massue arrondie.

» Plusieurs de ces chenilles, arrivées à leur cinquième âge, et qui sont dans un état remarquable de bonne santé, n'ont pas moins d'un décimètre de longueur; l'une d'elles quand elle marche ne mesure pas moins de 12 centimètres. Ces chenilles sont sorties de l'œuf le 25 mai, par conséquent elles ont cinquante-six jours accomplis; je suppose qu'elles sont prêtes à filer leur cocon. Aussitôt que j'aurai obtenu un certain nombre de ces

cocons, je me ferai un plaisir de les confier aux personnes qui s'occupent spécialement de l'éducation des vers à soie, afin qu'elles les élèvent et décident la question industrielle. En effet, je n'ai eu d'autre prétention que de traiter la question scientifique; le Mémoire que je prépare sur ce sujet et qui sera accompagné de plusieurs planches, sera déposé à l'Académie pour faire partie de nos Mémoires. »

M. le **Président de l'Académie** rappelle à la section de Minéralogie qu'elle doit prochainement se prononcer sur la question de savoir s'il y a lieu de nommer à la place vacante par suite du décès de M. *Brochant de Villiers*.

M. **Biot** fait hommage à l'Académie de ses *Recherches sur l'ancienne astronomie chinoise*.

RAPPORTS.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Rapport sur les diverses dispositions proposées par M.* **Arnoux** *pour faire marcher librement les locomotives et les waggons des chemins de fer, le long des courbes de toutes sortes de rayons.*

(Commissaires, MM. Arago, Savary, Coriolis, Gambey.)

« M. Arnoux présenta à l'Académie, il y a deux ans, un Mémoire relatif au système qu'il avait imaginé pour faciliter le passage des locomotives, des voitures et des waggons sur les chemins de fer de toute courbure. Un modèle, parfaitement exécuté, accompagnait le Mémoire. L'Académie n'a pas oublié le savant Rapport, honoré de son approbation, dans lequel M. Poncelet apprécia avec tant de mesure et de lucidité tout ce que les nouvelles dispositions présentaient de hardi, d'ingénieux, de plausible. Elle doit se ressouvenir aussi que ses Commissaires en appelaient à des essais en grand, pour corroborer ou infirmer les espérances que la théorie permettait de concevoir. Ces expériences, M. Arnoux s'est empressé de les faire, et sur une échelle vraiment inusitée : elles n'ont pas coûté moins de 150 000 francs. Tous les obstacles à la locomotion, tels que pentes et contre-pentes, croisements de voies, lignes droites raccordées par des courbes, lignes courbes en sens opposés se succédant sans intermédiaire, courbes de très petits rayons, se sont trouvés réunis dans un chemin qui existe encore à Saint-Mandé, et dont le développement, égal à 1142 mètres,

forme un circuit fermé. Cette disposition permettait de revenir au point de départ autant de fois qu'on le voulait sans s'arrêter ni là, ni ailleurs. Aussi, en un seul jour, a-t-on parcouru 60 kilomètres; aussi la totalité du chemin que les waggons ont fait dans ce champ clos, pendant toute la durée des expériences, s'élève-t-elle à 600 kilomètres, c'est-à-dire aux proportions du long voyage de Paris à Lyon. Il ne fallait, au reste, rien moins, pour autoriser à parler du système de M. Arnoux, sous le rapport de la solidité, de la détérioration des rails, de la durée des roues et des nouveaux mécanismes destinés à donner aux essieux les directions convenables. Ajoutons, qu'afin de pouvoir étudier l'effet des courbes sur la locomotion, même au-delà des limites qu'un ingénieur n'aura jamais besoin d'atteindre dans le tracé des chemins de fer, un petit cercle de 18 mètres de rayon, complétement fermé, se rattachait au chemin principal par deux branches de courbes de 30 mètres de rayon, et qu'une fois entré dans ce cercle, le convoi pouvait le parcourir indéfiniment.

» Le convoi se composait ordinairement de la locomotive, du tender, de quatre voitures de quatre ou six roues et d'une plate-forme. L'évaluation précise des résistances a été obtenue par des appareils dynamométriques. M. le capitaine Morin, qui a une si grande habitude de ces machines, qui en a fait de si nombreuses, de si utiles, de si ingénieuses applications, a bien voulu les mettre lui-même en action, relever tous les résultats et en former des tableaux. La Commission ne saurait assez reconnaître à quel point le zèle éclairé et infatigable de M. Morin lui a été utile.

» Lorsque pour obtenir une comparaison directe des tractions sur les rails ordinaires avec celles qu'exigent, toutes circonstances égales, les rails à petites courbes de M. Arnoux, on transporta les appareils dynamométriques sur le chemin de Versailles, ce fut encore M. Morin qui présida aux mesures.

» Notre objet doit être maintenant d'exposer les résultats, de les rapprocher, d'en tirer les conséquences qui, aujourd'hui, nous sembleraient pouvoir, sans inconvénient, être sanctionnées par l'Académie. Ces conséquences ne seraient, au reste, ni bien comprises ni convenablement appréciées, si nous ne posions pas de nouveau le problème en termes précis; si nous négligions de rappeler succinctement les idées qui ont conduit les mécaniciens au système de waggons actuellement en usage, et celles dont le système de M. Arnoux offre la réalisation.

» Avant d'entrer dans ces détails, nous croyons, toutefois, devoir informer l'Académie, que la Commission s'est abstenue, *à dessein*, de toucher

aux questions de priorité qui lui ont été soumises, non qu'elles lui parussent difficiles, mais seulement parce que les tribunaux en sont actuellement saisis. Nous ajouterons que la Commission s'est vue à regret dans l'impossibilité de rendre compte ici d'une invention ingénieuse de M. Renaud de Vilback, tendant au même but que le système de M. Arnoux. Le fragment de chemin construit à Charenton, d'après les idées de M. de Vilback, avait de trop petites dimensions pour qu'on pût y tenter des expériences vraiment démonstratives. Ce chemin, d'ailleurs, fut détruit avant que la Commission en corps y eût vu fonctionner le waggon isolé qui le parcourait par l'action de la pesanteur. Le seul Commissaire auquel, dans le temps, les circonstances permirent de se rendre à l'usine de Charenton et d'y assister à une ou deux épreuves du nouveau chemin, n'ayant fait, n'ayant pu faire aucune expérience précise, aucune mesure, n'oserait émettre une opinion décidée; ne pourrait pas, en tout cas, se substituer à la Commission entière, alors même que ses confrères voudraient bien le permettre et que le réglement ne s'y opposerait point. Nous espérons que cette déclaration mettra fin à une polémique dont nous avons déjà trouvé les traces dans quelques écrits, et qui désormais n'aurait plus de prétexte.

» Les caractères essentiels du système de M. Arnoux sont l'indépendance absolue des roues montées sur un même essieu, et leur mobilité autour des fusées qui les portent; la liberté qu'ont les essieux de changer de direction dans un plan horizontal autour de chevilles ouvrières sur lesquelles la charge repose; enfin la liaison complète, de voiture à voiture, par des timons rigides articulés, engagés à chaque extrémité dans les chevilles ouvrières et s'articulant sur l'axe même du chemin. Par la dernière disposition, le convoi entier est comme une longue chaîne, inextensible, mais parfaitement flexible dans toutes ses parties.

» Les deux premières conditions sont indispensables pour qu'une voiture puisse ne pas éprouver, sur une voie courbe, une résistance beaucoup plus forte que sur un chemin tracé en ligne droite. Il faut, en effet, pour qu'il en soit ainsi, qu'à chaque instant les essieux prennent des directions normales aux courbes parcourues, et qu'en même temps les roues extérieures, roulant sur la courbe dont le développement est le plus grand, prennent la plus grande vitesse.

» Il ne suffit pas, néanmoins, que ces conditions, remarquées de tout temps, puissent être satisfaites : elles doivent l'être nécessairement; il est indispensable que tous les essieux soient constamment guidés.

» Aussi, les premiers essais de chemins en bois et en fer dans les galeries de

mines, offrirent-ils divers moyens pour donner à des essieux mobiles la direction convenable. C'était, par exemple, une crosse fixée perpendiculairement au premier essieu et qui, armée quelquefois à son extrémité inférieure d'un galet horizontal, pénétrait dans un rainure creusée entre les deux directrices courbes de la voie. On a vu depuis les galets horizontaux, mais pour une application toute spéciale, dans quelques-uns des petits chariots, à voie extrêmement étroite, destinés au jeu des montagnes russes.

» Pourquoi donc, dans le grand problème de la locomotion sur chemins de fer, a-t-on bientôt abandonné les anciennes tentatives? Pourquoi s'est-on jeté dans un système tout différent?

» C'est que les premiers moyens de direction n'étaient pas admissibles dès qu'on voulait augmenter la vitesse; c'est qu'avec des essieux mal guidés ou libres, les waggons sortiraient à chaque instant de la voie, malgré l'obstacle qu'opposent aux rebords des roues les bourrelets ou les plans verticaux des rails; c'est qu'en effet, le frottement même de ces bourrelets et de ces rebords, en retardant le mouvement de la roue frottante, tendrait à faire pivoter l'essieu et la voiture entière autour du point d'arrêt.

» Dans les parties droites d'une voie, les essieux doivent rester invariablement perpendiculaires à l'axe des waggons. On chercha donc avant tout à établir cette perpendicularité d'une manière permanente. Après ce premier pas, il n'y avait plus que de l'avantage à faire les autres : à rendre les essieux solidaires avec les roues et tournant sur eux-mêmes dans des boîtes fixées à la caisse même de la voiture.

» Par là les roues se trouvent parfaitement maintenues dans des plans verticaux, et la charge se transmettant aux essieux par des parties situées près de leurs points d'appui, les fatigue moins que lorsqu'elle repose directement sur le milieu de leur longueur.

» Tel est le système actuel. Il est parfait pour les lignes droites, mais tout s'y trouve sacrifié à ces lignes.

» Dans les courbes, en effet, le parallélisme des essieux est un défaut; la liaison qui oblige les roues à prendre des vitesses égales, un autre défaut. La nécessité même de ne pas exagérer ces inconvénients, réagit sur les parties droites du chemin, en empêchant d'augmenter la largeur de la voie et d'assurer par là, de plus en plus, la stabilité des voitures.

» Sans doute on a remédié, du moins en partie, aux inconvénients que nous venons de rappeler, par d'ingénieux artifices : par les roues à jantes

coniques, par le roulement des roues extérieures sur la circonférence de leurs rebords, ce qui constitue, comme on le sait, le procédé de M. Laignel; mais ces moyens ne peuvent remédier qu'aux défauts qui résultent de la dépendance des roues. Les inconvénients attachés au parallélisme des axes subsistent encore.

» Donnera-t-on d'avance et à dessein du jeu pour rendre possible un certain degré de convergence? On l'a fait en Angleterre et avec désavantage, en l'absence de moyens de guider les essieux : résultat que l'on pouvait prévoir par des raisons précédemment indiquées.

» On est donc inévitablement conduit, dès qu'on s'écarte du système des waggons ordinaires, à chercher des moyens de donner aux essieux la direction convenable.

» Examinons comment M. Arnoux satisfait à cette condition :

» Son système se compose de trois parties distinctes. Il faut y signaler en effet :

» D'abord le moyen particulier, spécial, de diriger le premier essieu de la première voiture;

» Ensuite le moyen commun de diriger le premier essieu de chacune des voitures suivantes;

» Enfin le moyen de subordonner, dans chaque voiture, à la direction déjà déterminée du premier essieu, celle du second.

» Chacun de ces points exige quelques détails :

» Le premier essieu du convoi porte, à l'extrémité de fourches recourbées, quatre galets, mobiles dans des plans à peu près horizontaux, légèrement inclinés de haut en bas, du dedans au dehors, et qui s'appuient, en roulant, contre les bourrelets, ou mieux, contre les plans verticaux des rails. Ces galets n'éprouvent, lorsqu'ils sont bien ajustés, aucune autre résistance que celle qui naît du roulement, puisque l'essieu qui les soutient les empêche de jamais porter par leurs faces horizontales. Les centres des galets se trouvent maintenus ainsi aux quatre sommets d'un rectangle engagé entre les rails, avec une très petite quantité de jeu. Les déviations des côtés de ce rectangle, par conséquent, les déviations de l'essieu parallèle aux côtés transversaux et compris entre eux; ces déviations, disons-nous, ne peuvent être que de l'ordre de grandeur exprimé par le rapport du jeu à la largeur du rectangle même.

» Un pareil système de guides est excellent. Il n'a rien de commun avec les roulettes verticales antérieurement proposées. Est-il besoin de dire, en effet, que des galets ne peuvent servir de guides que par rapport au plan

sur lequel ils roulent, et que les rebords verticaux des rails sont ici les plans relativement auxquels il faut guider le mouvement.

» Les galets-guides de M. Arnoux auraient plus d'analogie avec le galet unique de certains chariots de mines. On pourrait croire la ressemblance plus grande encore en prenant le terme de comparaison dans quelques-uns des galets imaginés pour les montagnes russes. Quant à ces derniers, cependant, une différence frappe tout de suite l'attention : leur objet est plutôt de diminuer un glissement que d'assurer une direction aux essieux. En effet, avec une voie aussi étroite la direction convergente des essieux n'avait pas d'importance ; il suffisait que les galets fussent portés par la caisse des chariots. On les voit même engagés quelquefois dans des rainures latérales pour écarter toute chance de projection. Rien de semblable ne pourrait avoir lieu sur une grande échelle.

» Examinons maintenant si les galets de M. Arnoux n'auraient pas, avec les avantages qui leur appartiennent, qui les distinguent de tout ce que l'on avait proposé pour le même objet, quelque inconvénient grave.

» L'expérience semble avoir prononcé. Jamais les galets n'ont présenté de tendance à dérailler; jamais, dans la voie, il n'y a eu de rupture; la surface s'usait un peu rapidement, mais alors seulement que les galets étaient en fonte douce, et que les aspérités des rails étaient encore vives. Depuis, avec des galets garnis d'un cercle d'acier, il n'y a plus eu d'usure appréciable.

» On a voulu s'assurer si *tous* étaient indispensables à la direction du convoi. Avec un galet de moins il a été impossible de marcher. Les waggons se sont arrêtés dès les premiers instants. Mais aussi quelques instants suffisent pour remplacer le galet qui manque.

» Un accident qui ne tient nullement à la nature du système a donné lieu à une remarque qui mérite d'être conservée.

» Dans un changement de voie une aiguille était restée fermée. La locomotive et le convoi abandonnèrent donc les rails ; dès-lors les galets se trouvant forcés de labourer le sol, un d'eux se brisa. Mais la pointe de la fourche qui le portait continuant de pénétrer dans la terre, contribua promptement et à coup sûr fort heureusement à détruire la vitesse acquise.

» En voyant les galets de la première voiture assurer, d'une part, la direction en s'encadrant dans les rails, et, d'autre part, transformer en frottement de roulement le glissement du rebord des roues contre les bourrelets, on se demande s'il ne conviendrait pas d'appliquer un système sem-

blable à chacun des essieux suivants. Cette idée s'était présentée dès l'origine à M. Arnoux. L'élévation des prix d'établissement et d'entretien qui en résulterait, suffirait pour la faire rejeter, si la difficulté de maintenir constamment ajustés à une hauteur convenable tous ces galets, n'était une objection plus grave encore.

» Aussi, restreignant l'emploi des galets au premier axe du convoi, et, peut-être, ce que la Commission serait tout-à-fait disposée à approuver, au dernier essieu, M. Arnoux adopte-t-il, pour diriger les essieux intermédiaires, un système tout différent. Ce système comprend deux parties distinctes.

» D'abord la liaison du second essieu de chaque voiture avec le premier; elle est analogue, quant aux effets, à ce que présentent les voitures de l'amiral Sidney Smith, de M. Dietz, et même, avec des dispositions moins parfaites encore, à des essais plus anciens; mais elle se distingue par une solution nouvelle.

» Dans chaque voiture, chaque essieu porte au milieu de sa longueur une couronne que traverse une cheville ouvrière: deux chaînes à mailles plates embrassant les couronnes et se croisant dans l'intervalle qui les sépare, s'attachent à leur circonférence; les seconds essieux se trouvent ainsi dirigés: car, pour une voiture donnée, si le premier essieu tourne dans un sens, le second tourne en sens contraire et de la même quantité.

» Les deux essieux d'une même voiture ainsi liés entre eux, demeurent complétement indépendants, au moins quant à une action directe, des essieux de la voiture qui précède et de celle qui suit. Il reste donc, et cette partie du système de M. Arnoux est entièrement neuve, il reste à déterminer, dans chaque voiture, la direction du premier essieu. M. Arnoux la fait dépendre uniquement de l'angle que le timon rigide de cette voiture fait avec la flèche de la voiture qui précède. A l'arrière de cette flèche, pour établir la liaison voulue, est fixée une petite couronne concentrique à la couronne du second essieu, dont elle est indépendante. Cette petite couronne conduit, par des chaînes croisées, la première couronne d'essieu de la voiture suivante. Quant à l'effort de traction, il se transmet tout entier par les timons; les chaînes n'ont qu'à faire tourner les couronnes sur leurs sellettes.

» Pour que les deux essieux de la voiture qui précède et le premier essieu de la voiture qui suit convergent vers le centre du cercle qui passe par leurs trois chevilles ouvrières, il faut que le rayon de la petite couronne fixée à la flèche, soit aux rayons des couronnes d'essieu dans le rapport de

la longueur du timon à la somme des longueurs de ce timon et de la flèche qui le conduit.

» La solution n'est rigoureuse que lorsque le timon et la flèche ont des longueurs égales. Mais elle est tellement approchée, pour un rapport différent de l'égalité, dès que le rayon de la voie courbe surpasse dix fois la longueur d'une voiture, que la différence est pratiquement négligeable. Il y a plus : la solution approchée pourra bien avoir quelque avantage, en permettant de diminuer la longueur des timons, et en devenant par-là même moins inexacte au passage d'une courbe à une autre, au passage d'une partie droite à une voie courbe et réciproquement.

» Au surplus, le mérite de la solution n'est pas dans une rigueur géométrique que l'application ne réalise jamais. Il consiste à empêcher les fausses directions de dépasser des limites très étroites; à guider ainsi d'une manière continue, *sans à-coups;* de telle sorte que les déviations se compensent et se neutralisent, pour ainsi dire, sur la longueur du convoi entier.

» Si l'on voulait un exemple de la supériorité de certaines solutions approximatives sur des solutions exactes, il suffirait de citer le parallélogramme de Watt, substitué aux engrenages dans les machines à vapeur.

» L'expérience a montré, du reste, que la liaison continue du système était son premier avantage. On a pu, dans les essais de Saint-Mandé, pour tirer parti de pièces toutes faites, appliquer les mêmes couronnes à des flèches et à des timons de longueurs très inégales, sans qu'il en résultât un grave inconvénient. Les résistances ont dû, cependant, en être un peu augmentées.

» Il est évident, toutefois, qu'il conviendra toujours de s'assujétir aux proportions les plus avantageuses.

» Une remarque semblable doit être faite relativement au tracé des courbes sur le terrain.

» A Saint-Mandé on passe presque sans intermédiaire, d'une courbe de 100^{m} de rayon à une courbe de 30^{m} ou à une ligne droite; mais ce n'est pas sans qu'un peu de raideur se fasse sentir aux points de jonction.

» Il est évident que dans la pratique, sans rien sacrifier des avantages du système, on pourra toujours adoucir les raccords en passant graduellement d'une courbure à une autre. Peu importe ici que l'on marche dans un arc de cercle parfaitement régulier ou dans une suite d'arcs de cercle, pourvu que l'un quelconque de ces arcs, prolongé de la longueur d'une flèche ou d'un timon, ne s'écarte pas, perpendiculairement à sa courbure,

de celui qui le précède ou le suit, d'une quantité plus grande que le jeu nécessaire entre les rebords des roues et les bourrelets des rails.

» Il est des cas où la douceur des raccords dont on vient de parler a moins d'importance ; où l'on pourra, comme à Saint-Mandé, rattacher l'une à l'autre, presque sans transition, des courbes de rayons très différents. Il en sera ainsi pour une gare d'évitement que l'on voudra lier à la voie principale du chemin. La vitesse à l'entrée, par conséquent la force centrifuge, ne seront jamais assez grandes pour qu'un changement un peu rapide de direction ait une influence bien nuisible.

» Le petit cercle de 18 mètres de rayon, à Saint-Mandé, est un exemple d'une gare d'évitement comprise dans un espace resserré et offrant cela de particulier qu'un convoi, de quelque côté qu'il arrive, pourra toujours s'y engager et en sortir ensuite, soit pour continuer sa route, soit pour revenir sur ses pas.

» Par là tombe, en grande partie au moins, une des principales objections élevées contre le nouveau système : celle qui porte sur la difficulté, l'impossibilité, pour certains cas, de faire reculer un train. En ligne droite, le recul est certainement possible ; à Saint-Mandé on a reculé de plus de 50 mètres. Mais en courbe, dès que le rayon est petit, on ne peut rétrograder. Ce n'est pas à l'obliquité de l'effort, en elle-même, que cette impossibilité doit être attribuée ; elle tient à ce que la direction ne se transmet pas, dans ce sens, aux essieux, et rien ne prouve plus clairement que cette transmission est indispensable.

» Au demeurant, il ne faut pas, quand il s'agit de recul, transporter au nouveau système les idées auxquelles l'ancien a nécessairement conduit. Avec le système ordinaire, le retournement d'une seule voiture exigerait l'emploi d'une plate-forme, si cette voiture n'était pas parfaitement semblable en avant et en arrrière, et par là disposée à se mouvoir aussi bien dans un sens que dans l'autre. Avec le système proposé, l'emploi des plate-formes n'est jamais indispensable, puisqu'à l'aide d'un cercle de très petit rayon, un train entier revient sur lui-même et rentre dans la voie qu'il avait quittée.

» Reste donc, pour la nécessité du recul immédiat, le seul cas d'un accident survenu à la voie. Mais ce ne sont pas alors quelques instants perdus auxquels on doit attacher une grande importance. Il suffira, par exemple, pour transformer le convoi et l'approprier à la direction rétrograde qu'il doit prendre, que chaque flèche porte à l'avant, comme à l'arrière, une petite couronne sur laquelle on ajustera, par le serrage de quelques écrous, les chaînes nécessaires à la direction des essieux.

» Une nouvelle objection se lie à ce qui vient d'être discuté. Ces chaînes si indispensables, seront-elles fréquemment sujettes à se rompre? D'abord il est facile de voir qu'elles ne supportent qu'un effort assez faible: cet effort se borne à faire tourner les couronnes; l'impulsion qui entraîne le convoi se transmet tout entière par les timons et les flèches.

» Admettons, cependant, qu'un accident ait lieu, qu'une chaîne se rompe ou se détache. Le cas s'est présenté dans les expériences de Saint-Mandé, pour une des chaînes reliant l'une à l'autre les deux couronnes d'une même voiture. La chaîne détachée pendait sans que l'on s'en fût aperçu. On fit un tour entier avant que, du dehors, on avertît les personnes qui menaient le convoi d'arrêter la marche. Cette circonstance prouve que si l'ensemble des moyens de direction est nécessaire, ces moyens peuvent, sans inconvénient grave, être supprimés sur un point intermédiaire. La solidarité de toutes les parties du système maintient alors dans la voie le seul essieu qui ne soit plus guidé. Un semblable accident, au reste, est réparé en quelques instants.

» C'est un avantage notable de ce moyen de direction, que le peu de causes d'altération qu'il présente. Cet avantage est dû à la douceur des mouvements, à ce qu'ils s'exécutent sans grande vitesse, par conséquent sans chocs. Le mouvement rapide des galets directeurs pour chaque essieu, donnerait lieu à des altérations bien plus promptes. Aussi M. Arnoux ne les emploie-t-il que là où ils sont indispensables.

» Après avoir discuté ce qui se rapporte seulement à des cas particuliers, à des accidents, si l'on examine ce qui se passe dans la locomotion ordinaire, il faut reconnaître d'abord qu'au départ d'un train, la difficulté de l'ébranler dans le nouveau système, sera plus grande que dans les convois ordinaires où chaque voiture commence à se mouvoir isolément avant d'entraîner, par la tension des chaînes, celle qui la suit. Nous ne croyons pas, toutefois, qu'il puisse jamais résulter de là un inconvénient grave. Cette question, au surplus, a déjà été discutée dans le Rapport de M. Poncelet.

» Il ne faut pas négliger une circonstance qui, au départ, est à l'avantage des trains articulés et inextensibles de M. Arnoux : c'est l'absence des chocs que l'on éprouve, dans les trains ordinaires, au moment où les chaînes se tendent.

» Quant au point essentiel, aux résistances qu'il faut vaincre, une fois le convoi lancé, pendant toute la durée du mouvement, y a-t-il, dans le système proposé, des causes qui puissent en définitive accroître leur valeur moyenne? Si l'on a diminué ces résistances dans les courbes, les a-t-on

augmentées dans les parties droites, qui seront toujours les plus étendues?

» Avant de citer les expériences, examinons, sous ce rapport, les données de la question.

» C'est relativement au frottement des essieux qu'il peut y avoir incertitude.

» Dans le nouveau système d'essieux mobiles, la charge porte au milieu de leur longueur. Cette disposition, jointe à l'élargissement de la voie, vers lequel on doit tendre, semble entraîner une augmentation dans le diamètre des fusées d'essieu, par suite une augmentation de résistance.

» Toutes choses égales d'ailleurs, il est très vrai que dans les waggons actuels, c'est un avantage que de faire reposer la charge près des extrémités des essieux. On est dans l'usage de donner aux boîtes dans lesquelles ces essieux tournent, un diamètre de $0^m,055$.

» Quant aux grosses diligences des routes ordinaires où la charge est portée au centre des essieux, comme dans les waggons de M. Arnoux, les fusées ont un centimètre de plus ($0^m,065$).

» M. Arnoux, dans les waggons d'abord soumis aux expériences, avait adopté cette dimension, et il doit évidemment en résulter un excès de résistance pour le frottement des fusées.

» Mais en considérant que les diligences éprouvent sur les routes ordinaires des chocs souvent assez violents qui n'existent pas sur les chemins de fer, M. Arnoux n'a pas douté que les essieux de ses voitures ne pussent être réduits au même diamètre que ceux des waggons à axes parallèles, et il a effectué cette réduction sur un dernier waggon de son convoi d'essai.

» On pourra dire alors qu'une réduction plus grande serait applicable aux waggons à axes parallèles, et qu'en définitive, l'avantage leur resterait sous ce rapport.

» A ce point, la question, ne peut guère être résolue avec certitude; elle finit par être une question de durée: surtout si l'on a égard à la grande longueur que l'on peut donner, dans le système de M. Arnoux, aux boîtes des roues indépendantes.

» Cette longueur est une garantie contre les déviations du plan dans lequel tournent les roues. Il ne semble pas que ce plan soit moins bien maintenu dans le système des roues libres que dans celui des roues solidaires, du moins POUR LA DURÉE QUE CES ROUES PEUVENT AVOIR.

» Cette durée dans le système actuel n'est pas grande. On sait avec quelle exactitude les roues en fonte, solidaires avec les essieux, doivent être tournées. On sait aussi avec quelle rapidité les rebords verticaux de ces

roues se détruisent par le frottement contre les bourrelets des rails dans les courbes.

» Le système de M. Arnoux fait disparaître ces résistances. Il donnera donc aux roues plus de durée ou permettra de les établir avec moins de perfection et de solidité.

» Ainsi, dans les expériences de Saint-Mandé, les roues étaient de simples roues en bois, cerclées en fer et, du moins au commencement, non tournées. Les rebords, au lieu de faire corps avec les jantes, étaient des cercles en fer posés à plat et fixés au corps de la roue par des vis à bois.

» Cependant le long de courbes si variées, d'un rayon si petit, dans un parcours total d'une si grande étendue, aucun de ces cercles, si légèrement établis, n'a été arraché, n'a présenté même d'altération sensible.

» Si les altérations peuvent jusqu'à un certain point servir de mesure, n'est-ce pas une preuve qu'une cause énorme de destruction, difficilement appréciable d'une manière directe, a disparu presque entièrement?

» N'est-on pas aussi fondé à croire que cette diminution fera plus que compenser l'augmentation, si toutefois il y en a une, du frottement des essieux?

» Une preuve du même genre que celle dont nous venons de parler, une preuve matérielle, vient encore établir que les roues sont parfaitement maintenues et les axes parfaitement dirigés.

» Jamais, pendant ces longues expériences, on n'a ressenti d'une manière marquée ces mouvements si communs, si destructeurs, si incommodes que, dans les chemins de fer actuels, on désigne sous le nom de mouvements de lacet.

» A de très grandes vitesses, la seule remarque que l'on ait pu faire a été relative à l'inclinaison, assez faible d'ailleurs, des caisses, provenant de la force centrifuge. Encore aurait-il été possible d'atténuer cet effet en élevant un peu le rail extérieur.

» Venons maintenant à l'évaluation des résistances *totales* à l'aide des dynamomètres.

» Ces résistances proviennent du mouvement propre dont l'air est animé; du choc des waggons sur ce même air immobile; du frottement des essieux à leur circonférence; du roulement des roues sur les rails; du glissement de leurs rebords sur les bourrelets; des à-coups; des accélérations ou des retards dans la marche des convois, que le meilleur conducteur ne saurait éviter, et dont l'influence devient considérable à cause de la grandeur de la masse en mouvement. Or tout cela est susceptible de varier avec le serrage

des écrous, le graissage des boîtes, l'état hygrométrique de l'air, l'établissement plus ou moins solide des rails. Il suffirait, quant à cette dernière influence, de rappeler les belles figures d'acoustique que le passage des waggons fait naître souvent sur le sable dont les rails sont entourés.

» La première question à résoudre était naturellement celle-ci :

» Avec le système de M. Arnoux, la résistance est-elle sensiblement la même sur les parties droites et sur les parties courbes du chemin ?

» Dans une première expérience, avec des roues non tournées et une vitesse d'environ 4 mètres par seconde; sur l'*ensemble* du chemin principal, composé de parties droites et de parties courbes de 50 et de 150 mètres de rayon, on trouva, pour le rapport de la résistance à la charge, la fraction $\frac{1}{176}$.

» Dans une autre expérience, avec les mêmes roues, une charge différente et une vitesse à peu près uniforme de $3^{m},8$ par seconde, la résistance, dans le petit cercle de 18 mètres de rayon, se trouva être, d'après une moyenne de plusieurs tours, de $\frac{1}{176}$ à $\frac{1}{177}$; c'est le nombre trouvé précédemment *pour l'ensemble* du chemin.

Lorsque les roues eurent été tournées, la moyenne résistance *sur l'ensemble* du chemin, descendit à $\frac{1}{204}$, la vitesse étant toujours d'environ 16 kilomètres à l'heure. Le frottement des parties droites se trouva égal, dans ces expériences, à celui des parties circulaires de 50 mètres de rayon; la fraction qui l'exprimait était $\frac{1}{215}$.

» Avec les mêmes roues tournées, mais un galet touchant légèrement les chairs, la résistance s'éleva à $\frac{1}{193}$. Les parties droites comparées aux parties courbes de 50 mètres de rayon, donnèrent respectivement les fractions $\frac{1}{200}$ et $\frac{1}{202}$.

» La première question paraît donc résolue. La courbure de la voie n'ajoute rien aux résistances.

» Les expériences mettent aussi en évidence combien il est nécessaire que les roues soient tournées et les galets exactement ajustés.

» Il n'est sans doute pas besoin de dire que tous les nombres cités représentent des résistances réduites à l'horizon.

» Quoique ces nombres différassent peu de ceux qu'on admet communément, la Commission jugea convenable d'appliquer les instruments dynamométriques aux chemins de fer ordinaires. Les ingénieurs de Saint-Germain et de Versailles en fournirent les moyens avec un empressement, avec une obligeance sans bornes.

» Le résultat moyen de deux séries de valeurs obtenues le 3 mars de

cette année, sur le chemin de Saint-Germain, avec des vitesses peu différentes de celles de Saint-Mandé, par un vent dirigé dans le sens de la marche, mais ayant à peu près la vitesse du convoi; ce résultat, disons-nous, conduit à une résistance horizontale de $\frac{1}{206}$, comme les épreuves de Saint-Mandé.

» Si l'on prend une expérience pendant laquelle un vent oblique contrariait légèrement la marche, on trouve $\frac{1}{170}$. Par un vent favorable et les boîtes nouvellement lubrifiées, le coefficient descend à $\frac{1}{262}$.

» La moyenne serait, enfin, plutôt au-dessus qu'au dessous de $\frac{1}{215}$.

» Ces expériences, malgré leurs résultats concordants, sont sans doute bien loin de résoudre, dans toutes ses parties, la question si complexe de la résistance sur les chemins de fer. Mais nous devons remarquer qu'il n'était question, pour nous, que de la comparaison entre deux systèmes, faite dans des circonstances aussi semblables qu'il était possible et avec les mêmes appareils. Il faut ajouter, à l'avantage du système de M. Arnoux, que les grosses fusées des essieux de toutes ses voitures auraient pu, sans inconvénient, être ramenées à des diamètres de 55 millimètres, et qu'alors, d'après un coefficient de frottement plutôt trop faible que trop fort, la résistance moyenne sur le chemin rentrant de Saint-Mandé, se serait trouvée réduite à $\frac{1}{230}$.

» En résumé :

» L'égalité de frottement, de résistance, sur les parties courbes et droites des chemins de fer, quand les voitures sont construites suivant le système de M. Arnoux, et que les vitesses ne dépassent pas certaines limites, est complétement établie par les expériences de Saint-Mandé.

» Ces expériences, si cela pouvait être nécessaire, viendraient donc à l'appui des considérations théoriques développées dans le premier Rapport : elles prouveraient, *pratiquement*, que la convergence des essieux est la condition indispensable d'un bon service de locomotion sur les rails courbes; elles établiraient aussi que les procédés dont l'auteur fait usage pour établir cette convergence, ont toute la précision desirable.

» Si nous sommes un peu moins affirmatifs, quant aux frottements du nouveau système comparés à ceux de l'ancien, c'est que la Commission n'a pas eu les moyens de multiplier suffisamment les épreuves sur les chemins ordinaires; c'est qu'il était très difficile de rendre les circonstances *exactement* pareilles. La parfaite identité de circonstances ne paraîtra certainement à personne un raffinement d'exactitude, si nous disons qu'un convoi abandonné à lui-même, c'est-à-dire à l'action de la pesanteur, descendit un jour de Versailles à Asnières, avec la vitesse

moyenne de quatre lieues à l'heure, tandis que peu de jours auparavant, et peut-être par la seule influence d'un graissage différent, ou de l'état des rails, le même convoi s'arrêta en route. Nous devons cependant rappeler que, sans même attribuer aucune influence défavorable à la faiblesse des rails dont on a fait usage en construisant le chemin de M. Arnoux, à la faiblesse des coussinets et au petit échantillon des traverses; que par la seule réduction légitime du diamètre des essieux à 55 millimètres, le frottement déduit de l'ensemble des expériences de Saint-Mandé, s'est trouvé au-dessous de $\frac{1}{220}$, résultat qui probablement n'a jamais été dépassé dans le service ordinaire d'aucun chemin de fer.

» Les possibilités de rupture des galets destinés à diriger la locomotive et des chaînes qui opèrent la convergence des axes; les accidents qui pourraient en résulter, ont été appréciés, dans ce qui précède, tant *à priori* que d'après les résultats des expériences. Il ne nous semble pas qu'on doive s'en préoccuper sérieusement.

» Ainsi, le système de M. Arnoux n'imposerait, autant qu'il a été possible d'en juger, aucune augmentation appréciable de frais de traction. Sous le rapport de la sûreté, ce système paraît aussi devoir satisfaire les esprits les plus timides. M. Arnoux semble donc avoir complétement résolu le problème difficile qu'il s'était proposé. Désormais les ingénieurs craindront moins, dans leurs tracés de chemin de fer, de s'écarter très notablement de la ligne droite; de tourner les obstacles de toute nature dont aujourd'hui ils se voient forcés de demander la démolition. Les dispendieux souterrains seront moins souvent nécessaires; on multipliera, enfin, les gares d'évitement, et, par ce moyen, les chemins à une seule voie deviendront peut-être suffisants, dans bien des localités où, d'après les méthodes actuelles, deux voies seraient indispensables.

» Si une longue expérience des nouvelles voitures ne fait pas surgir des difficultés imprévues, le nom de M. Arnoux ira se placer très honorablement à côté des noms de nos deux compatriotes qui, par l'invention des chaudières tubulaires et du tirage à l'aide de la vapeur perdue, ont rendu usuelles, sur les chemins de fer, des vitesses qu'à l'origine personne ne se serait flatté d'atteindre, même dans de simples expériences. Quant à la Commission, après un examen long et consciencieux, elle croit, dès ce moment, devoir proposer à l'Académie d'accorder son approbation à l'ingénieux système de locomotives et de voitures articulées, que M. Arnoux lui a présenté. »

Les conclusions de ce Rapport sont adoptées.

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

CHIRURGIE. — *Nouvelles recherches sur le torticolis ancien, et le traitement de cette difformité par la section sous-cutanée des muscles rétractés; par* M. JULES GUÉRIN. (Extrait par l'auteur.)

(Commissaires, MM. Serres, Larrey, Breschet.)

« Parmi les observations consignées dans ce Mémoire, j'appellerai l'attention sur les suivantes :

» 1°. J'ai non-seulement établi que le torticolis ancien ou congénital est, comme le pied-bot, les déviations de l'épine et les autres difformités articulaires du squelette, le produit de la rétraction musculaire; mais j'ai été conduit par cette doctrine à déterminer les différentes variétés anatomiques qu'il affecte et dont jusqu'ici on ne connaissait que celles produites par le raccourcissement du sterno et du cléido-mastoïdien; ainsi j'ai reconnu que la rétraction du *splenius*, du *trapèze*, des *scalènes*, de l'*angulaire de l'omoplate*, des muscles *droits* et *obliques de la tête*, peuvent successivement et collectivement donner lieu à autant de variétés du torticolis, et ces variétés revêtir des caractères qui leur sont propres, et impliquer la nécessité d'un traitement chirurgical et mécanique spécial;

» 2°. Tous les auteurs avaient méconnu les altérations profondes des os de la tête et de la face, et même la plus grande partie de celles de la colonne dans le torticolis latéral. J'ai constaté que l'atrophie de la moitié de la face, que j'avais déjà signalée il y a quatre ans comme un des effets constants de cette difformité, s'étend aussi bien au squelette qu'aux parties molles. Ainsi l'os de la pommette, les maxillaires supérieur et inférieur, et toute la moitié du crâne participent à la même altération. J'ai constaté en outre que cette atrophie présente des caractères propres qui m'ont dévoilé sa véritable origine : en effet, il n'y a pas seulement affaissement et réduction de volume des parties, mais abaissement et tiraillement de ces mêmes parties, suivant une direction oblique de haut en bas et de dedans en dehors. J'ai montré la liaison de ces faits, à éléments multiples et complexes, avec un autre fait également méconnu jusque-là, à savoir l'inclinaison latérale de la colonne cervicale sur la première dorsale, en sens inverse de l'inclinaison de la tête. Par suite de cette inclinaison, qui place

la tête en dehors de l'axe du tronc jusqu'à six centimètres quelquefois, l'espace sus-scapulaire du côté de l'inclinaison de la tête acquiert souvent le double de longueur de celui du côté opposé. Il en résulte que la peau étant fortement tendue et entraînée dans le sens de l'inclinaison du cou, ne cède qu'à la condition de tirailler et de comprimer les parties auxquelles elle adhère; de là une compression et une traction oblique sur toute la moitié de la tête et de la face, et l'origine des déformations dont ces parties sont le siége.

» 3°. Au milieu de ces déformations l'œil correspondant au côté abaissé présente une disposition spéciale digne de remarque : au lieu de suivre le mouvement d'abaissement oblique propre aux autres parties de la demi-face, il s'abaisse en effet; mais, par un mouvement de rotation suivant son grand axe, il tend à reprendre la situation horizontale, de manière à ce que les axes transversaux des deux yeux continuent à être parallèles, bien que situés à une hauteur différente. Ils sont ainsi comme placés en escalier. Cette curieuse disposition des yeux s'effectue spontanément; rapprochée du fait d'une espèce de trouble et de confusion dans la vision chez les sujets redressés immédiatement par l'opération, elle m'a porté à penser que les humeurs de l'œil sont disposées suivant certains axes verticaux et transversaux qui établissent des rapports déterminés entre l'organe de la vision et les objets extérieurs pour l'exercice normal de cette fonction.

» 4°. J'ai constaté que les artères du col, et particulièrement l'artère vertébrale du côté de l'inclinaison de la tête, subissent des inflexions vicieuses avant leur entrée dans le crâne, et souvent une diminution de calibre; double fait auquel j'ai cru pouvoir attribuer en partie l'atrophie de la moitié correspondante de la tête, et les céphalalgies qui accompagnent fréquemment le torticolis ancien. Cette induction est encore appuyée sur la disparition de ces douleurs de tête opiniâtres après le redressement de la difformité.

» 5°. J'ai constaté que l'état du tissu musculaire est tout-à-fait différent dans le torticolis *aigu*, *chronique* et *ancien :* dans le premier, le muscle n'est que contracturé, plissé, revenu sur lui-même, comme dans la contraction physiologique. La *contracture* diffère ainsi essentiellement de la *rétraction*, où le muscle est passé à l'état fibreux : j'ai montré, en outre, qu'entre la contracture et la rétraction il existe un état intermédiaire du tissu musculaire, dans lequel ce tissu perd sa consistance charnue, s'évide en quelque façon de sa fibrine, et se réduit à sa trame celluleuse. A ces trois états du tissu musculaire doivent être adaptés trois modes de traitement dif-

férents: la contracture exclut la section des muscles, et se résout presque toujours par l'emploi de la pommade stibiée, le massage, et plus tard par l'extension brusque et saccadée; la rétraction appelle au contraire, de toute nécessité, le traitement chirurgical, l'extension mécanique ne faisant que compléter la transformation fibreuse du muscle rétracté. Enfin j'ai constaté que les muscles rétractés étant ramenés par l'opération à leur longueur normale, et par conséquent affranchis des tractions auxquelles leur trop grande brièveté les soumettait, reprennent en peu de temps la consistance charnue et la contractilité dont leur transformation fibreuse les avait dépouillés.

» 6°. J'ai démontré par plus de cinquante opérations de torticolis, contre l'opinion d'un grand nombre de personnes qui avaient considéré la méthode sous-cutanée comme n'étant que très exceptionnellement applicable, qu'il est toujours possible d'avoir recours exclusivement à cette méthode. Pour les seuls cas où cette généralisation éprouverait quelque difficulté, j'ai imaginé un instrument et un procédé nouveaux, propres à diviser les muscles rétractés sous la peau, sans avoir jamais à redouter le moindre accident. Ce procédé, appelé le *procédé du doigt*, consiste à glisser le doigt index ou medius entre les muscles rétractés et les parties sous-jacentes, en refoulant la peau au-devant du doigt, de manière à tenir les muscles isolés de ces parties, et soulevés comme sur une sonde. On fait pénétrer le ténotome sur le point correspondant à la pulpe du doigt; on retire celui-ci au fur et à mesure que l'instrument s'enfonce, jusqu'à ce qu'il arrive au bord opposé du muscle, où il traverse une seconde fois la peau. La section des muscles s'effectue des parties profondes aux parties superficielles.

» 7°. J'ai montré qu'après la section des muscles rétractés, le redressement de la tête n'est qu'incomplet, et ne produit que la moitié de la guérison; que l'inclinaison inverse de la colonne cervicale sur la première dorsale persiste et exige l'emploi d'un traitement mécanique énergique et d'assez longue durée. J'avais déjà posé cette indication dans mon précédent Mémoire : elle a été justifiée par tous les cas de torticolis soumis à l'opération.

» 8°. Les résultats des traitements que j'ai entrepris doivent être considérés sous le rapport de l'opération chirurgicale qui en fait la base, et sous le rapport de leur efficacité absolue : or, dans cinquante et quelques cas de section sous-cutanée des muscles du col, il n'est survenu aucun accident d'inflammation suppurative. Le produit définitif du traitement a été comme

il suit : dans les deux tiers des cas environ, il y a eu redressement complet de la tête et du col; dans l'autre tiers, toujours redressement de la tête, avec amélioration notable de l'inclinaison du col. Les guérisons complètes ont été produites sur des sujets âgés de six à vingt-sept ans; les grandes améliorations sur des sujets de vingt-cinq à cinquante ans. J'ai redressé complétement la tête dans deux cas de torticolis datant de quarante-sept et quarante-neuf. J'ai montré la raison de ces succès à un âge aussi avancé dans le mécanisme propre et le siége immédiat de la difformité. Le torticolis latéral consiste, en effet, principalement dans deux inclinaisons inverses de la tête sur le col, et du col sur la région dorsale, au moyen d'articulations spéciales. La difformité n'est par conséquent qu'une exagération permanente de mouvements physiologiques.

» A ce Mémoire sont jointes des planches représentant toutes les variétés du torticolis latéral, l'anatomie pathologique de la difformité, et les procédés chirurgicaux et mécaniques imaginés par l'auteur. »

CHIMIE. — *Action de l'acide sulfureux, sur l'acide hypoazotique. Cristaux des chambres de plomb. Théorie de la fabrication de l'acide sulfurique; par* M. F. DE LA PROVOSTAYE. (Extrait par l'auteur.)

(Commissaires, MM. Dumas, Pelouze, Regnault.)

« Depuis le travail de MM. Clément et Desormes les produit de la réaction de l'acide sulfureux sur l'acide hypoazotique ont été l'objet d'un examen spécial de la part de MM. Gay-Lussac, Henry, Berzélius, Bussy, Gaultier de Claubry. L'importance qu'ils y ont attachée s'explique sans peine, puisqu'il s'agissait de donner une théorie de la fabrication de l'acide sulfurique. Malgré ces tentatives réitérées, la composition des cristaux des chambres de plomb demeurait encore incertaine. Les uns, s'appuyant sur des analyses peu d'accord entre elles, y voyaient une combinaison d'acide azoteux, d'acide sulfurique et d'eau; plus récemment M. Dumas, guidé par des analogies nombreuses, y supposait l'existence du corps provenant de l'union directe de l'acide sulfureux et de l'acide hypoazotique. Des recherches nouvelles étaient devenues indispensables.

» Sans entrer ici dans le détail de mes expériences, il me suffira de dire que l'acide sulfureux et l'acide hypoazotique *anhydres* qu'on n'avait pu faire réagir jusqu'à ce moment, m'ont donné, *à cet état*, une combinaison nouvelle dont les propriétés, intéressantes par elles-mêmes, le sont

plus encore par le grand jour qu'elles jettent sur la nature des cristaux des chambres de plomb, et par suite, sur la théorie de la fabrication de l'acide sulfurique.

» Cette substance se dissout, en toutes proportions, dans l'acide sulfurique hydraté et donne dans des limites fort étendues des composés cristallisables.

» On avait jusqu'ici regardé comme identiques les cristaux des chambres par cela seul qu'ils cristallisaient, tandis qu'ils sont réellement des mélanges en proportions variables de la substance anhydre et d'acide sulfurique hydraté. C'est ainsi qu'on peut se rendre compte de la divergence des résultats obtenus.

» D'autres observations, que je ne puis pas développer ici, conduisent à penser que les cristaux blancs ne se forment jamais que sous l'influence de l'acide sulfurique, anhydre ou hydraté, et que l'eau, lorsqu'elle est libre, tend toujours à les décomposer. En partant de ces remarques, on est nécessairement conduit à modifier la théorie généralement admise relativement à la formation de l'acide sulfurique ordinaire. L'explication nouvelle découle des faits et rend parfaitement raison de tous les phénomènes anciennement observés. »

PHYSIQUE APPLIQUÉE. — *Sur les procédés électro-chimiques au moyen desquels on obtient, par la voie humide des moulages en cuivre.* — Extrait d'une Note de M. **Boquillon**.

(Commission précédemment nommée.)

Dans cette Note, l'auteur a principalement pour but d'établir qu'il est arrivé, par ses propres recherches, à la découverte de la méthode dont il a présenté à diverses reprises des produits à l'Académie.

GÉOMÉTRIE ANALYTIQUE. — *Recherches sur les courbes du quatrième ordre bisymétriques ; première division* $B^2 < 4AC$; *par* M. **Mogino**.

(Commissaires, MM. Poinsot, Sturm, Liouville.)

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Note sur une presse mécanique à mouvement continu pour l'impression en taille-douce ; par* M. **Delhomme**.

(Commissaires, MM. Piobert, Séguier.)

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Tableaux comparatifs des expériences faites avec les anciens et les nouveaux appareils pour mesurer la vitesse des eaux courantes; par* M. LAIGNEL.

Ces tableaux offrent les résultats, d'une part, des expériences faites sur la Seine par M. *Laignel,* avec l'appareil qu'il a présenté à l'Académie dans une précédente séance, et de l'autre, des expériences faites sur le Rhin avec l'appareil communément en usage.

(Renvoi à la Commission précédemment nommée.)

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Waggons à un seul essieu pour les chemins de fer.*

M. LAIGNEL présente le modèle d'un système de waggons à un seul essieu pour lequel il a obtenu, en juin 1834, un brevet d'invention.

Il fait remarquer qu'un système semblable à beaucoup d'égards, mais, suivant lui, moins parfait, est employé aujourd'hui avec succès sur le chemin de fer de Birmingham, à Londres.

(Renvoi à la Commission précédemment nommée pour les waggons de M. Arnoux.)

M. MALÉ, qui avait adressé au commencement de cette année le modèle et la description d'un système d'*engrenage* destiné à permettre aux voitures de remonter les pentes des chemins de fer, envoie un nouveau modèle qui paraît se rapporter à sa première communication.

(Commission nommée pour l'examen des voitures de M. Arnoux.)

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Mémoire sur une machine à vapeur rotative à réactions successives produites par un même écoulement de vapeur; par* M. BRUNIER.

(Commission des machines à vapeur.)

M. DUPUIS propose pour la guérison du *strabisme* l'emploi de lunettes dont les verres seraient rendus opaques dans la partie vers laquelle tend à se tourner l'œil dont la direction est vicieuse.

(Commissaires, MM. Roux, Babinet.)

M. SCHLESINGER adresse des documents relatifs aux résultats qu'il a obtenus

de sa méthode de traitement pour les *maladies des yeux*, et demande que l'Académie veuille bien lui désigner des Commissaires à l'examen desquels il soumettra les malades qu'il doit traiter par cette méthode.

(Commissaires, MM. Roux, Babinet.)

M. Léon Riant présente une Note relative à un *nouveau système de pavage* pour les rues des villes et les chaussées des grands chemins.

(Commissaires, MM. Coriolis, Séguier.)

M. Tissier envoie deux épreuves d'un *nouveau système de gravures typographiques sur pierre*, obtenues par des agents chimiques. Il prie l'Académie de vouloir bien se faire rendre compte de ce procédé.

(Commissaires, MM. Piobert, Séguier.)

M. Korilski adresse une suite à ses précédentes communications sur la météorologie.

(Commission précédemment nommée.)

M. d'Andely adresse deux rognons de *grès*, dont l'un renferme un fruit fossile, et dont l'autre, qui semble ne contenir aucun débris organique, reproduit grossièrement la forme d'un jeune enfant.

(M. de Blainville est prié de prendre connaissance de ces deux pièces.)

M. Nicod envoie pour le concours au prix de Physiologie expérimentale, fondé par M. de Montyon, une Note intitulée : *Études sur l'aérologie*, troisième partie.

M. Levacher, conformément à une décision de l'Académie pour les concours relatifs aux prix Montyon, adresse l'analyse de son ouvrage intitulé : *Guide médical des Antilles et des régions intertropicales*.

(Renvoi à la Commission des prix de Médecine et de Chirurgie.)

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique** adresse ampliation de l'Ordonnance royale qui confirme la nomination de M. **de Gasparin** à la place vacante dans la section d'Économie rurale, par suite du décès de M. *Turpin*.

M. le **Ministre de l'Instruction publique** adresse également ampliation de l'Ordonnance royale qui confirme la nomination de M. **Regnault** à la place vacante dans la section de Chimie, par suite du décès de M. *Robiquet*.

Sur l'invitation de M. le Président, M. Regnault, présent à la séance, vient prendre place parmi ses confrères.

M. le **Ministre de la Guerre** invite l'Académie à lui présenter, conformément à l'article 17 de l'Ordonnance du 30 octobre 1832, relative à l'organisation de l'École Polytechnique, un candidat pour la chaire d'Analyse et de Mécanique devenue vacante à cette École par suite de la nomination de M. *Duhamel* à la place d'examinateur permanent.

La lettre de M. le Ministre de la Guerre est renvoyée aux deux sections réunies de Géométrie et de Mécanique.

M. **Arago** présente, de la part de M. *de la Rive*, un vase doré au moyen de ses procédés électriques. Grace aux perfectionnements apportés à ces procédés par M. Bergeon, on obtient une dorure beaucoup plus épaisse et qui est très solide, comme le prouvent les résultats de l'épreuve à laquelle ce vase a été soumis, à Paris, par un orfèvre à qui on l'avait donné à examiner. Le vase a été rougi au feu, jeté ensuite dans l'eau froide, et, après avoir été retiré de l'eau, il n'avait rien perdu de son éclat.

PHYSIOLOGIE. — *Note sur la coloration artificielle des cocons.* — Lettre de M. **Bonafous.**

« Le procédé chinois qui consiste à répandre de la farine de riz sur les feuilles de mûrier données aux vers à soie, m'ayant conduit à l'idée de substituer à cette farine nourricière quelque substance propre à pénétrer

dans les vaisseaux séricifères de ces insectes, j'ai l'honneur de mettre sous les yeux de l'Académie des Sciences :

» 1°. Des cocons bleu verdâtre obtenus de vers alimentés avec des feuilles de mûrier saupoudrées d'indigo, durant le quatrième âge;

» 2°. Des cocons légèrement colorés en rose, obtenus de vers nourris avec des feuilles saupoudrées de garance, pendant la même période.

» Je desire, en faisant cette communication, que ce fait puisse fixer l'attention tout-à-la-fois des physiologistes et des personnes livrées à l'industrie séricicole. »

CHIMIE. — *Composés de la créosote.* — Lettre de M. A. LAURENT.

« J'ai l'honneur de vous adresser, pour prendre date, le résumé d'un travail que je viens de terminer, sur une nouvelle série de composés dont la créosote paraît être le radical. Sa formule peut s'exprimer par

$$C^{24}H^{10}O + H^{2}O.$$

Avec le chlore, elle donne d'abord de l'acide chlorophénésique, dont la composition se représente par

$$C^{24}H^{4}Cl^{6}O + H^{2}O.$$

Le brome change la créosote en acide bromophénésique, dont la formule est

$$C^{24}H^{4}B^{6}O + H^{2}O.$$

» La créosote et l'acide sulfurique donnent un acide sulfophénique, analogue à l'acide sulfo-vinique. Avec l'acide nitrique, on obtient successivement trois acides cristallisés, dont quelques sels détonent avec beaucoup de violence. »

Postérieurement à l'envoi de cette Lettre, M. Laurent a déterminé la composition de deux des acides provenant de l'action de l'acide nitrique sur la créosote. Voici ses résultats qu'il a prié M. Pelouze de communiquer de sa part à l'Académie.

« L'acide nitrophénasique est

$$C^{24}H^{6}O^{3}, \quad 2Az^{2}O^{3}, \quad H^{2}O;$$

L'acide nitrophénésique

$$C^{24}H^{4}O^{4}, \quad 3Az^{2}O^{3}, \quad H^{2}O. »$$

PHYSIQUE. — *Sur un appareil d'éclairage pour les microscopes destinés aux démonstrations dans les cours publics;* — Extrait d'une Lettre de M. **Donné**.

« J'ai l'honneur de présenter à l'Académie un petit appareil nouveau que je viens d'appliquer au microscope; appareil au moyen duquel je puis faire observer les objets microscopiques dans un amphithéâtre, aussi facilement qu'un professeur de botanique fait circuler une feuille de main en main, pendant qu'il en donne la description et sans que le nombre des élèves, quelque grand qu'il soit, y apporte aucun obstacle; voici en quoi consiste cette nouvelle disposition :

» Mes microscopes de démonstration portent leur lumière avec eux; une petite lampe est placée dans une sorte de lanterne sourde qui s'adapte immédiatement au microscope de manière à éclairer convenablement le miroir réflecteur; tout est d'ailleurs rendu fixe et immobile dans ces instruments, c'est-à-dire que l'objet est maintenu sur la platine par un petit compresseur, et qu'une fois le foyer trouvé, il est arrêté au moyen d'une vis de pression; de telle sorte que les microscopes ainsi disposés avec leurs objets, peuvent être passés de main en main dans un amphithéâtre, sans que rien puisse être dérangé et sans que les élèves aient autre chose à faire qu'à mettre l'œil à l'oculaire, pour voir l'objet dont il est question.

» Cet appareil rendra en outre l'emploi du microscope très commode dans certaines circonstances où il n'était pas facile d'en faire usage jusqu'ici, dans les hôpitaux par exemple, pour les études cliniques auxquelles il s'applique avec tant d'intérêt aujourd'hui. »

M. **Granier** propose de soumettre les *céréales* qu'on veut conserver à de certaines fumigations capables de détruire les insectes qui pourraient s'y trouver au moment où on les enferme.

M. *Granier* adresse en même temps une Note ayant pour titre : *Des rayonnements célestes et terrestres*.

M. E. **Martin**, de Vervins, adresse un *paquet cacheté;* l'Académie en accepte le dépôt.

A 4 heures ½ l'Académie se forme en comité secret.

La séance est levée à 5 heures ¾. F.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

L'Académie a reçu dans cette séance les ouvrages dont voici les titres :

Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des Sciences; 2e semestre 1840, nos 1 et 2, in-4°.

Annales de Chimie et de Physique; par MM. Gay-Lussac, Arago, Chevreul, Savary, Dumas, Pelouze, Boussingault et Regnault; février 1840, in-8°.

Journal de Mathématiques; par M. Liouville; juin 1840.

Annales des Sciences naturelles; fév. 1840, in-8°.

Recherches sur l'ancienne Astronomie chinoise; par M. Biot. (Extrait du *Journal des Savants.*) In-8°.

Bulletin de la Société de Géographie; 2e série, tome 13, in-8°.

Dictionnaire des Sciences mathématiques pures et appliquées; par M. de Montferrier; tome 3e, supplément, in-4°.

Traité théorique et pratique de l'art des Accouchements; par M. Cazeaux; in-8°.

Comice agricole de l'arrondissement de Moissac (Tarn-et Garonne).— Assemblée générale du 20 avril 1840; Montauban, in-8°.

De la composition des prairies naturelles de l'arrondissement de Moissac; par M. A. Lagrèze-Fossat; Montauban, 1840, in-8°.

De l'Eau froide appliquée au traitement des maladies; par M. Wertheim; Paris, in-8°.

Syphilis, poëme en deux chants; par M. Barthélemy, avec des notes, par M. le Dr Giraudeau de Saint-Gervais; in-8°.

Mémoire sur l'emploi du Bain d'air comprimé associé à la gymnastique dans le traitement du rachitisme; par M. Pravaz; in-8°. (Cet ouvrage est adressé pour le concours de Médecine et de Chirurgie.)

Mémoire sur l'application de la Gymnastique au traitement des Affections lymphatiques et nerveuses; par le même; in-8°. (Adressé pour le même concours.)

Histoire de la Grippe, à Lyon, en 1837. — Rapport demandé par la mairie de Lyon; rédigé par M. Gubian; in-8°. (Cet ouvrage est adressé pour le Concours de Médecine et de Chirurgie.)

Histoire de la Fièvre puerpuérale; par M. Voillemier; in-8°.

A M. le Rédacteur en chef du Journal général de France; *lettre par* M. François; in-8°.

Bulletin de l'Académie royale de Médecine; tome 5, n° 18, in-8°.

Revue critique des Livres nouveaux; par M. Cherbuliez; 8e année, n° 7, in-8°.

Recueil agronomique, industriel et scientifique. — Économie rurale. De la vaine pâture et des pâturages communaux; par M. Pratbernon; in-8°.

Mémoire d'Anatomie pathologique, premier Mémoire; par M. Mandl; in-8°.

Revue progressive d'Agriculture, de Jardinage; juill. 1840, in-8°.

Journal des Connaissances médico-chirurgicales; juill. 1840, in-8°, avec atlas du 1er semestre; in-4°.

L'Enseignement, bulletin d'Éducation; par MM. Jullien et Hippeau; juillet 1840, in-8°.

Le Technologiste, ou Archives des progrès de l'Industrie française et étrangère; juillet 1840, in-8°.

Journal des Connaissances médicales pratiques et de Pharmacologie; juillet 1840, in-8°.

Revue des Spécialités et des Innovations médicales et chirurgicales; par M. Duval; juillet 1840, in-8°.

Journal de la Société de Médecine pratique de Montpellier; juillet 1840, in-4°.

Mémorial encyclopédique et progressif des Connaissances humaines; juin 1840, in-8°.

Bibliothèque universelle de Genève; mai 1840, in-8°.

De l'emploi de l'Électro-Magnétisme dans les maladies des Nerfs; par M. Cervelleri; Naples, in-8°.

Field's outlines.... *Esquisses de Philosophie analogique; par* M. Field; 2 vol. in-8°.

Reports on the.... *Rapport sur les Poissons, les Reptiles et les Oiseaux de l'état de Massachussets, publié conformément aux ordres de la législature, par les Commissaires pour le relevé zoologique et botanique de cet état;* adressé par M. Everett; Boston, 1839, in-8°.

On the elements.... *Sur les éléments de la Lumière et leur identité avec ceux de la matière rayonnante et fixe; par* M. G.-H. Kyan; Londres, 1838, in-8°.

Some Inquiries.... *Recherches faites dans la province de Kemaon, re-*

lativement à la Géologie et autres branches des Sciences naturelles; par M. J. Mac Clelland; Calcutta, 1835; in-8°.

Reports of... *Rapport d'un Comité chargé de l'investigation des Houilles et autres ressources minérales de l'Inde;* Calcutta, 1838, in-8°.

Report of.... *Rapport du comité de Physique (y compris la Météorologie) de la Société royale de Londres, sur les objets des recherches scientifiques dans cette science;* Londres, 1840, in-8°.

Proceedings.... *Procès-Verbaux de la Société géologique de Londres;* vol. 3, n° 67 (22 janv.—5 fév. 1840), in-8°.

Proceedings.... *Procès-Verbaux de la Société royale d'Irlande;* n° 23 (11 mai—25 mai 1840), in-8°.

Proceedings.... *Procès-Verbaux de la Société philosophique américaine;* vol. 1er (mars et avril 1840), in-8°.

The London... *Journal et Magasin philosophique de Londres et d'Édimbourg;* juin 1840, in-8°.

The Athenæum, journal; n° 149, mai 1840, in-4°.

Astronomische.... *Nouvelles astronomiques de* M. Schumacher; nos 404 et 405.

Bericht über.... *Analyse des Mémoires lus à l'Académie des Sciences de Berlin, et destinés à la publication;* avril 1840, in-8°.

Gazette médicale de Paris; nos 28 et 29, in-4°.

Gazette des Hôpitaux, n° 80—85, in-fol.

L'Esculape; journal des Spécialités; n° 38—40.

Gazette des Médecins praticiens; n° 54—57.

L'Expérience, journal; nos 158 et 159.

Programme des Prix proposés par la Société industrielle de Mulhouse, pour 1841; in-8°.

Extrait du Programme de la Société hollandaise des Sciences, à Harlem, pour l'année 1840; ½ feuille.

Errata. (Séance du 6 juillet.)

Page 23, ligne 11, *au lieu de* qui communique indirectement avec la mer, *lisez* qui évacue ses eaux

ligne 12, dans l'étang de Rassuen, *lisez* dans l'étang d'Engrenier

ligne 23, *au lieu de* 200 mètres, *lisez* 900 mètres.

COMPTE RENDU

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 27 JUILLET 1840.

PRÉSIDENCE DE M. PONCELET.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Observations sur la présence de sables aurifères dans le gisement de la galène de Saint-Santin-Cantalès (Cantal) *et sur le gisement des sables aurifères en général; par* M. Becquerel.

« Le traitement électro-chimique de la galène argentifère et aurifère de Saint-Santin-Cantalès, dont l'étude m'occupe constamment depuis deux ans, m'a mis à même de faire des observations sur la composition du minerai qui la renferme, lesquelles sont de nature à jeter quelque jour sur le gisement des sables aurifères; mais, avant de les exposer, je rappelerai ce que nous savons sur ces derniers.

» Les roches qui renferment de l'or se trouvent dans les terrains primitifs, de transition, trachytiques, ou en général dans les terrains volcaniques anciens. Mais la plus grande partie de l'or versé dans la circulation, provient du lavage de sables aurifères ou de dépôts d'alluvion, dus à la décomposition de roches aurifères dont le gisement n'est pas connu.

» Dans les terrains primitifs, l'or est en filons ou disséminé, soit dans

le quartz hyalin, le silex corné; soit dans le jaspe sinople, le calcaire spathique, etc. Les minerais qui l'accompagnent sont: le fer pyriteux massif ou cristallisé, intact ou altéré, comme à Macugnaga, en Piémont; le cuivre pyriteux, la galène, la blende, le mispikel, le cobalt gris, le manganèse lithoïde, le tellure natif, la malachite, l'argent sulfuré, l'antimoine sulfuré.

» Les roches qui renferment les différents gîtes d'or, sont: le granite, comme dans l'Oundès, au Thibet, le gneiss, le micaschiste, le schiste argileux et le schiste luisant (*minas geraes*), la syénite, la diabase, l'amphibolite, le calcaire saccharoïde, le porphyre ou l'euryte porphyroïde, etc., etc.

» L'or, qui est toujours à l'état métallique dans ces terrains, est en petits grains, en paillettes ou en cristaux. On a remarqué (et le fait est important pour le sujet que je traite) que les filons aurifères de Guanaxuato, de Real-del-Monte, sont analogues à ceux de Schemnitz, en Hongrie, tant sous le rapport de la roche encaissante, qu'en raison de la nature des minerais qu'ils renferment et des roches qu'ils parcourent.

» J'ajouterai que ces terrains présentent des indices d'origine ignée. Quoique l'or se trouve dans les différents terrains que je viens d'indiquer, néanmoins il est beaucoup plus abondant dans les terrains d'alluvion, qui forment souvent des plaines immenses; ces terrains sont composés de sables siliceux, argileux et ferrugineux, et renferment très fréquemment, comme en Sibérie, du fer oxidulé, du fer titané, des petits grains de rubis, de corindon, de spinelle, etc. L'or s'y montre toujours à l'état de paillettes ou de pépites dont le poids varie depuis plusieurs kilogrammes jusqu'à quelques milligrammes. Diverses opinions ont été émises sur le gisement primitif des sables aurifères et des substances qui composent les terrains d'alluvion.

» On a avancé d'abord que l'or avait été enlevé des roches ou filons par les eaux qui les traversent; mais on a objecté à cela:

» 1°. Qu'il ne pouvait en être ainsi, attendu que le sol des plaines où coulent les ruisseaux renferme, jusqu'à une certaine profondeur, des paillettes ou pépites d'or que l'on peut retirer par le lavage;

» 2°. Que le lit des rivières aurifères renferme plus d'or après les pluies d'orage, qui ont lavé les plaines environnantes, que dans tout autre temps;

» 3°. Que l'on ne trouve l'or, la plupart du temps, que dans un espace très circonscrit du cours de ces rivières, de sorte qu'il n'y en a aucune trace en remontant vers la source.

» Les considérations suivantes ne doivent pas être négligées dans l'examen des sables aurifères : ces sables sont en général noirs ou rouges, selon la quantité de fer qu'ils renferment ; ce qui porte à croire que les pyrites renfermées dans les roches, en se décomposant, ont mis l'or à nu. Les terrains d'alluvion aurifères présentent très fréquemment tous les caractères de la formation basaltique. On a remarqué, en effet, que la Sèze et le Gardon, rivières aurifères de l'ancien Dauphiné, donnent le plus d'or dans les endroits où elles coulent sur un terrain provenant de la destruction des roches basaltiques : les sables de ces rivières renferment les diverses gemmes indiquées précédemment.

» Il existe en outre des montagnes composées de granite ou de gneiss, comme dans l'Isère, dont tous les sulfures métalliques renferment de l'or. Suivant M. Héricart de Thury, on trouve en effet ce métal dans la galène de Portrand, l'antimoine sulfuré d'Auris, le cuivre pyriteux de la Cochette, etc.

» Tels sont les principaux documents que l'on a recueillis jusqu'ici sur le gisement des minerais d'or et que j'ai cru devoir rapporter, afin d'établir leur relation avec les observations que je vais présenter.

» La galène argentifère et aurifère de Saint-Santin-Cantalès se trouve en filons dans une montagne formée, ainsi que le sol de la contrée environnante, d'un micaschiste renfermant çà et là des rognons de quartz. La direction générale des couches paraît se rapprocher de la ligne nord-sud ; elles plongent sous un angle moyen de 45°, et présentent de grandes irrégularités sous le rapport de leur direction et de leur inclinaison.

» Le micaschiste, au village de Cazaret, est recouvert de prismes basaltiques que l'on trouve presque sans interruption sur les plateaux environnants, et qui disparaissent au loin vers l'est, sous les sables et les calcaires des environs d'Aurillac.

» De nombreuses recherches ont déjà été faites pour reconnaître, sur une assez grande étendue, la direction des filons, veines ou veinules qui sillonnent en tous sens la montagne de Cazaret.

» Sans entrer dans l'examen des travaux exécutés, je m'attacherai particulièrement au gisement du moulin de Cazaret. La substance qui en forme la partie principale est un schiste argileux bleuâtre, à feuilles contournées dans tous les sens, et entre lesquelles se trouve fréquemment du quartz translucide en rognons ou en masse aplatie.

» C'est au milieu de ce schiste que se trouve la galène qui est accompagnée de blende, de pyrites un peu cuivreuses et d'une très petite quan-

tité d'or. La galène est tantôt réunie en petites masses, tantôt disséminée en veinules irrégulières plus ou moins continues qui finissent par se perdre dans le schiste; aussi trouve-t-on des amas assez considérables de cette dernière substance qui ne renferment que des traces de galène, qui est presque toujours à petites facettes brillantes; quelquefois cependant son grain est d'une ténuité extrême et sa cassure est comme terreuse.

» Les pyrites et la blende sont en général peu abondantes, et on ne les aperçoit bien que dans les schlammes provenant du lavage des minerais.

» Cette galène a une forte teneur en argent, puisqu'elle est d'environ $0^{k},450$ par quintal métrique de plomb, terme moyen.

» L'étymologie d'Aurillac (*auri lacus*) m'ayant fait supposer que l'argent devait renfermer de l'or, j'ai traité, par les moyens ordinaires, $13^{g},40$ d'argent obtenu dans un essai, et j'en ai retiré $0^{g},016$ d'or, c'est-à-dire environ un millième et quart du poids de l'argent.

» Depuis l'époque où cet essai a été fait, j'ai cherché tous les moyens possibles de retirer cette faible quantité d'or, sans avoir recours à l'affinage. Voici celui qui m'a le mieux réussi:

» Le traitement électro-chimique pour retirer l'argent et le plomb, exige au préalable un grillage à basse température et une mouture, après quoi l'on retire successivement et avec facilité le plomb, l'argent, et même un peu de cuivre, suivant les principes que j'ai exposés dans une lecture faite à la séance publique des cinq Académies, le 2 mai 1838. Il ne reste plus ensuite dans le minerai que la gangue, dans un grand état de division et qui n'est que la moitié environ du poids du minerai, et l'or.

» Desirant connaître la nature de cette gangue, et dans quel état se trouvait l'or, j'ai fait laver 100 kilogrammes de résidu provenant d'environ 200 kilogrammes de minerai renfermant 30 p. 100 de plomb.

» On a retiré par ce lavage un autre résidu pesant environ 2 kilogrammes, lequel, soumis à un second lavage exécuté avec beaucoup plus de soin que le premier, a donné un troisième résidu qui renfermait 0,00015 d'or, c'est-à-dire 15 grammes par 100 kilogrammes.

» Il ne restait plus à reconnaître que la nature de la gangue, qui accompagnait l'or dans ce dernier résidu; en l'examinant à la loupe, je ne tardai pas à y reconnaître toutes les gemmes et autres substances qui composent ordinairement les sables aurifères d'un grand nombre de localités, et dont le gisement primitif n'est point connu.

» Le filon du moulin de Cazaret, près du village de Saint-Santin-Cantalès, nous offre donc un gisement de ces sables aurifères, attendu que les derniers

résidus provenant du lavage du minerai après le traitement électro-chimique, ont le même aspect et la même composition que les sables aurifères que l'on trouve en divers lieux du globe. La présence de coulées basaltiques qui sillonnent les montagnes du Cantal, donne encore plus de force à ce rapprochement, puisque les sables aurifères en général se trouvent dans des contrées où existent des traces d'anciennes formations volcaniques.

» Les observations précédentes m'ayant paru avoir de l'importance pour la géologie, j'ai cru devoir consulter M. Dufrénoy, qui a une grande habitude des examens microscopiques de sables renfermant un grand nombre de substances minérales. Cet habile minéralogiste a confirmé l'exactitude de mes observations. Voici le résultat de l'examen que nous avons fait ensemble.

» Après avoir enlevé avec le barreau aimanté une quantité assez considérable de fer magnétique, qui se trouvait en petits fragments anguleux, n'ayant aucun caractère de transport, probablement parce qu'il avait été réduit en poussière par le grillage à basse température, on a reconnu dans le sable, avec le microscope et même avec une simple loupe :

» 1°. Du quartz hyalin en grains roulés et en grains anguleux, formant à peu près le tiers du sable;

» 2°. Du quartz agate de filon, gris clair, translucide, tantôt esquileux, tantôt caverneux, et, pour mieux dire, haché : cette substance est plus abondante que la première;

» 3°. Une matière brune métalloïde, caverneuse, provenant de la calcination des pyrites ou du fer arsenical lors du grillage;

» 4°. Du fer arsenical blanc, ayant l'éclat métallique et une cassure unie et brillante;

» 5°. Des fragments de pyrites, d'un jaune franc, qui ne paraissent pas être aurifères;

» 6°. Des substances vitreuses, brunes, analogues au grenat, au zircon et au spinelle; mais on est porté à croire que le grenat s'y trouve en plus grande quantité;

» 7°. Quelques parties blanches, opaques, à cassure assez plate, pas assez lamelleuses pour du feldspath, mais ayant cependant de l'analogie avec ce minéral et surtout avec l'albite;

» 8°. Quelques fragments hyalins de quartz, d'un gris jaunâtre;

» 9°. D'autres, d'un jaune plus prononcé, ayant tous les caractères de la topaze. On est parvenu même à en extraire un cristal;

» 10°. Quelques grains d'un bleu très clair qu'on a également retirés des sables et paraissant appartenir au corindon ; ils sont allongés, roulés, et ont de l'analogie avec les télésies roulées ;

» 11°. Plusieurs petits fragments cristallins, d'un très beau vert, qui appartiennent indubitablement, en raison de la couleur et du clivage, à l'émeraude ;

» 12°. De l'or, à l'état de paillettes, de lamelles, de petites pépites roulées, que l'on peut extraire avec des pinces. On a reconnu également plusieurs morceaux de quartz auxquels adhéraient encore des lamelles d'or.

» Pour établir l'identité parfaite qui existe entre les derniers résidus de la galène de Saint-Santin et les sables aurifères, en général, je dirai qu'ils sont noirâtres comme ces derniers, et qu'ils ont absolument le même aspect.

» Il est probable que les filons nombreux des environs de Saint-Santin qui ont été explorés par la compagnie concessionnaire du Cantal, ont une composition analogue.

» Je laisse maintenant aux géologues à tirer telles conséquences qu'ils jugeront convenables des faits que je viens d'exposer, faits qui prouvent incontestablement l'existence des sables aurifères dans un filon de galène, et qui se reproduiront très probablement dans d'autres minerais traités par le procédé électro-chimique, attendu que ce procédé dégageant la gangue et l'or des métaux qui peuvent être réduits à l'état métallique par l'action des courants électriques, permet de reconnaître dans quel état se trouvent la gangue et l'or, avantages que l'on n'a pas en traitant les minerais par la voie sèche. »

M. Poncelet, en faisant hommage à l'Académie d'un exemplaire du *Mémoire sur la stabilité des revêtements et de leurs fondations* (1), qu'il vient de publier dans le 13me numéro du *Mémorial de l'officier du Génie*, s'exprime en ces termes :

« Ces recherches, qui m'ont occupé pendant plus de quatre années, à cause des calculs numériques et du grand nombre des applications qu'elles renferment, ont pour objet l'une des questions les plus importantes de la science des constructions, et, on peut le dire, l'une de celles qui offrent le plus d'intérêt à une époque où tant de grands travaux sont entrepris en

(1) Ce Mémoire, de 270 pages in-8°, est accompagné de 5 planches.

France. L'économie considérable qu'elle peut apporter dans l'exécution de ces travaux, en a fait, depuis près de deux siècles, l'objet favori des études des ingénieurs civils et militaires; mais, avant le maréchal de Vauban, c'est-à-dire dans un temps où l'on connaissait à peine la théorie du coin et du plan incliné, la construction des murs de soutènement n'était soumise à aucune règle fixe, et chaque ingénieur se laissait diriger par l'exemple de ses prédécesseurs, s'il ne s'abandonnait entièrement aux chances du hasard.

» Frappé du défaut de proportions des ouvrages existants lors de ses premiers travaux, Vauban créa la règle connue des ingénieurs, sous le nom de *profil général*, règle à laquelle il s'est conformé dans l'établissement de tous les grands ouvrages militaires exécutés, avec un rare succès, sous sa direction. Cette règle, n'étant accompagnée d'aucune démonstration mathématique, devint, peu après sa mort, l'objet des critiques des ingénieurs qui essayèrent de fonder les bases de la théorie de la poussée des terres, et parmi lesquels il me suffit ici de citer les noms célèbres de Couplet, de Bélidor et de Gauthey. Tous refusaient au profil général le caractère mathématique qui peut seul inspirer la confiance, même aux constructeurs les plus entachés d'empirisme, les plus disposés à dénier les bienfaits et l'utilité de la science.

» Cependant, comme l'adoption de ce profil avait assuré la stabilité d'une infinité d'ouvrages militaires construits sous le règne de Louis XIV, il ne fut jamais entièrement abandonné, et servit presque toujours, du moins dans ses moyennes proportions, de point de comparaison ou de type aux nouvelles règles appuyées, fort souvent, sur des données physiques ou mathématiques peu sûres. Si quelques-uns accordaient à ce profil le mérite d'être le fruit d'une longue expérience, d'autres le supposaient principalement dérivé de considérations militaires qui avaient conduit Vauban à exagérer, outre mesure, les épaisseurs de maçonnerie, surtout pour les faibles hauteurs: préjugés également démentis par l'explication qui accompagne le profil général et les opinions émises par l'auteur, dans son *Traité de la défense des places,* mais que les savantes recherches de Coulomb, de Prony et de Français, ne firent, en dernier lieu, qu'enraciner davantage, à cause du désaccord, plus apparent que réel, entre le résultat des nouvelles théories et les règles indiquées par ce même profil.

» Je fais voir dans l'un des chapitres du Mémoire que j'ai l'honneur d'offrir à l'Académie, que la difficulté d'expliquer le système de construction adopté par l'illustre maréchal, auquel on doit également des règles pré-

cieuses sur l'établissement des voûtes (1), sur la charge des fourneaux de mines, sur le tir à ricochet, et tant d'autres inventions heureuses relatives à l'attaque et à la défense des places, provient principalement de la nature des considérations physiques qu'il a mises en usage pour fixer l'excédant d'épaisseur nécessaire aux maçonneries, afin de leur assurer, contre les diverses chances d'accident, un degré de stabilité suffisant et qui ne peut, en aucune manière, faire l'objet du calcul mathématique. L'hypothèse admise par Vauban, d'une surépaisseur de maçonnerie ou surcharge de terre constante, paraît, en réalité, plus conforme aux conditions fondamentales de la question que celle par laquelle on donne, de nos jours, aux murs de soutènement, des excédants d'épaisseur ou de stabilité qui croissent indéfiniment avec la hauteur, comme si les causes destructives devaient elles-mêmes croître dans cette proportion.

» Au surplus, le principe de stabilité qui sert de fondement et d'explication au profil général, est, en lui-même, assez naturel pour qu'il ait été soupçonné par quelques anciens ingénieurs, et que Couplet en ait fait la base d'une théorie de la poussée des terres, insérée parmi les anciens *Mémoires de l'Académie des Sciences*, pour 1727. Mais la complication des calculs et l'imperfection des théories de ces auteurs, étaient peu propres à mettre la chose dans son véritable jour et à en faire adopter la conséquence par les constructeurs; désormais, je l'espère, elle paraîtra incontestable, et, en voyant la justification mathématique de la règle qui nous a été léguée par Vauban, on demeurera pénétré d'une plus profonde admiration encore pour la mémoire de ce grand homme. Ce qui contribuera surtout à rehausser, aux yeux des membres de cette Académie, l'estime due à son génie, c'est de voir que, pour mettre en évidence l'exactitude de cette règle, il ait fallu recourir à des calculs beaucoup plus compliqués, plus exacts que ceux qui furent mis en usage, même par des savants tels que Coulomb, Prony et Français. Ce n'est en effet, qu'après avoir dressé fort laborieusement une table régulière des épaisseurs de revêtements,

---

(1) Ces règles se trouvent consignées dans le tome I^er des *Oisivetés du maréchal de Vauban*, actuellement en la possession de M^me la baronne de Valazé, veuve du lieutenant-général du génie de ce nom. A une époque où le Gouvernement fait imprimer, à grands frais, beaucoup d'anciens manuscrits moins importants peut-être par leur objet, il serait à propos de songer à publier une partie, au moins, de ceux que nous a transmis le plus grand, le plus infatigable ingénieur des temps modernes, sur une foule de questions qui intéressent à un haut degré l'histoire, les arts et la législation.

d'après une équation du sixième degré, qui tient compte de la forme réelle des surcharges de terre et de circonstances négligées dans la solution de ces auteurs, qu'il m'a été possible d'apercevoir que le profil général s'accordait avec les données mathématiques de la question, du moins dans l'étendue des applications usuelles, et quand on se borne à considérer le cas des terres et des maçonneries auxquelles tous les ingénieurs, à dater de Vauban, ont appliqué improprement la dénomination de *terres et maçonneries moyennes*.

» Si la règle dont il s'agit pèche en quelque point, c'est, sans contredit, dans l'hypothèse, purement gratuite, relative au talus naturel des terres et au rapport de leur densité à celle des maçonneries, bases essentiellement variables de tout calcul. Mais les travaux de Vauban sont là pour prouver qu'il savait à quoi s'en tenir à cet égard, et l'on serait d'autant moins fondé à lui en faire un sujet de reproche, que la plupart des ingénieurs se contentent, aujourd'hui même et fort à tort suivant nous, d'appliquer, dans ces hypothèses souvent inexactes, les formules établies sur les théories qu'ils considèrent comme les plus rigoureuses et où ils négligent d'ailleurs, avec de justes raisons, la cohésion des terres, dont l'action, purement virtuelle, cesse après les instants qui suivent le premier ébranlement, et peut se modifier par l'influence de diverses causes accidentelles.

» Coulomb, dans son Mémoire inséré au *Recueil des Savants étrangers* pour 1773, s'était principalement occupé du cas particulier où l'on suppose les terres arasées de niveau avec le sommet du mur, et cette solution, fondée sur la considération du prisme de plus grande poussée, reçut ensuite, pour le cas où l'on tient compte de la cohésion des terres, les plus heureuses simplifications de la part de MM. de Prony et Français, dont le dernier étendit même cette solution au cas des revêtements à parement intérieur en talus. Le fait est que, dans la plupart des constructions civiles et militaires, les remblais adossés aux murs ont des formes et un relief qui ne permettent pas de ramener les résultats aux formules élégantes dont il vient d'être parlé, sans introduire dans la question, des hypothèses qui les privent du caractère d'exactitude désirable, même sous le point de vue des applications à l'art de l'ingénieur; et je dois à la justice de dire que, sans la nouvelle extension donnée à la théorie par M. le colonel du génie Audoy (1), pour le cas des fortes surcharges de terre ou des *demi-revêtements*, je n'eusse

(1) Notes des pages 349 et suiv. du 11e N° du *Mémorial de l'officier du Génie*, 1832.

peut-être pas songé à entreprendre ces recherches, dirigées d'abord vers un but plutôt pratique que théorique.

» D'un autre côté, la complication des nouvelles formules qui servent à trouver le moment ou le point d'application de la poussée, eût empêché d'en apercevoir l'utilité immédiate, si, après diverses transformations, je ne les avais réduites en tables et remplacées par des formules d'interpolation très simples, en quelque sorte manuelles et suffisamment exactes pour les circonstances ordinaires. C'est principalement là l'objet que je me suis proposé dans la première section du Mémoire, où je me suis aussi occupé de la possibilité du glissement sur les assises de maçonnerie, de la transformation des profils de murs en profils équivalents ou de même stabilité, question d'une solution et d'un calcul, à la vérité, très faciles quand rien n'est changé dans les hypothèses relatives au mode d'application des terres, mais sans la simplification de laquelle il eût peut-être été difficile de découvrir les véritables fondements et l'exactitude de la règle du maréchal de Vauban, dont l'exposition fait l'objet des derniers paragraphes de cette première section.

» Ce n'est pas qu'au surplus, je veuille ici prétendre que cet illustre membre de notre ancienne Académie, soit parvenu au profil général qu'on lui doit, par une géométrie savante et des considérations physiques délicates, telles que celles mises en avant par l'esprit ingénieux de Coulomb; bien loin de là, je prouve qu'il a pu y arriver par les moyens les plus simples, et en s'aidant de quelques-unes des indications de l'expérience, comme l'a fait, après lui, l'estimable et laborieux Bélidor, dans un ouvrage bien connu de tous les ingénieurs.

» Malgré l'extension donnée à la théorie de la poussée des terres par les formules de M. Audoy, elles restaient inapplicables à un grand nombre de circonstances qui se présentent fréquemment dans la pratique : par exemple, elles supposaient le parement intérieur du mur vertical; le massif du remblai, en surcharge, limité, vers le sommet, par une horizontale, et latéralement par une ligne à pente tout au moins aussi raide que celle du talus naturel des terres; elles faisaient abstraction du frottement de celles-ci contre la maçonnerie, etc. J'ai consacré la deuxième section du Mémoire à la solution des divers problèmes qui réclament cette nouvelle extension. Mais ayant aperçu, par les précédentes recherches, combien peu les formules algébriques sont appropriées à la nature générale de pareilles questions, surtout celles qui expriment le moment de la poussée, et dépendent essentiellement de la quadrature d'espaces limités par des arcs disconti-

nus d'hyperboles; sachant d'ailleurs l'invincible répugnance de la plupart des ingénieurs à se livrer à de longs calculs, j'ai essayé d'y substituer la voie purement géométrique, et cette tentative m'ayant réussi au-delà de ce que j'avais d'abord espéré, j'ai été encouragé à étendre ce moyen de solution à beaucoup d'utiles et délicates questions, parmi lesquelles il me suffira de citer les principales de celles qui font l'objet de la troisième partie du Mémoire, relative à la stabilité des fondations, et qui réclamaient l'exposé d'une importante théorie, jusqu'ici à tort négligée par les ingénieurs : celle de la *butée* des terres ou de la résistance qu'elles offrent à leur soulèvement, à leur déplacement latéral.

» Tous ceux qui ont quelque expérience des constructions, savent que les nombreux accidents survenus aux murs de soutènement des remblais, proviennent, en général, moins du défaut de stabilité des parties supérieures, que de celui du sol sur lequel elles se trouvent assises. Or M. Français et, après lui, feu notre confrère M. Navier, préoccupés surtout de la compressibilité de ce sol, avaient uniquement cherché à satisfaire à la condition que la résultante du poids des maçonneries et de la poussée des terres passât par le centre de gravité de la base des fondations; condition déjà antérieurement indiquée par M. de Lambel, ancien directeur des fortifications, mais dans l'application de laquelle on négligeait complétement l'influence de la poussée ou de la butée sur les faces, antérieure et postérieure, des parties en fondation : je montre, dans ce Mémoire, comment il convient d'avoir égard à l'influence de ces forces et de la forme générale du remblai.

» A l'égard de la composante horizontale de la poussée, qui tend à produire le glissement sur la base des fondations quand la butée antérieure et le frottement sont insuffisants pour y mettre obstacle, on laissait aux constructeurs le soin de la détruire par des moyens d'art particuliers, et l'on s'inquiétait si peu de cette possibilité du glissement, qu'afin de satisfaire plus économiquement à la condition de stabilité relative au renversement, on avait terminé la retraite antérieure des fondations, par une face en talus, qui lui faisait remplir les fonctions d'un véritable coin ou soc de charrue.

» Les évènements déjà anciens, survenus à Ypres, à Bergues, à Cassel et dans beaucoup d'autres localités, avaient néanmoins démontré la nécessité dé s'occuper de la question du glissement, et la sagacité admirable du maréchal de Vauban lui en avait, depuis long-temps, fait deviner le principal moyen de solution, comme je l'établis dans mon Mémoire, en

rapportant divers projets de constructions ou profils, signés de la main de cet ingénieur, et dont je dois la communication à M. A. de Caligny, l'un des descendants des anciens directeurs de fortifications de ce nom, connu de l'Académie par diverses recherches sur le mouvement oscillatoire des liquides. Ce moyen fort simple consiste dans l'approfondissement des fondations sous une hauteur telle que la poussée du remblai soit neutralisée par la butée du terrain naturel; question facile à soumettre au calcul, qui permet aussi de découvrir l'état de stabilité du sol inférieur, les mouvements de glissement ou de soulèvement qui tendent à s'y établir et contre lesquels les pilots et palplanches, les *bermes* et *risbermes*, les *platées générales*, les *éperons* ou *contreforts-butants*, n'apportent fort souvent qu'un remède peu efficace, et dont les successeurs de Vauban ont parfois abusé au détriment des finances de l'État.

» J'ai fait voir, dans cette dernière partie du Mémoire, comment on peut aborder, par l'analyse ou la géométrie, les différentes questions qui se rapportent à la résistance offerte par ces moyens artificiels de consolidation, auxquels j'en ajoute un dernier, qui consiste dans l'emploi de *massifs comprimants*, pour le cas où il y a risque de soulèvement du sol des fondations, doué alors d'une sorte de fluidité. J'ai également tenté de soumettre au calcul l'influence que peut avoir, sur la stabilité, une épaisse couche de sable, placée sous les fondations d'après la méthode suivie en dernier lieu à Bayonne, et adoptée depuis un temps immémorial dans la ville de Surinam. Cette recherche m'a conduit à examiner le mode de transmission des pressions exercées à la surface supérieure des terres, les arcboutements ou décharges souterraines qui en résultent, etc., et peut-être ne sera-t-il pas inutile d'ajouter que plusieurs des résultats auxquels je suis parvenu, dans cette section, se trouvent confirmés par les données immédiates de l'expérience.

» Enfin, les lecteurs trouveront, dans une *Note additionnelle*, les formules analytiques qui permettent de calculer directement et de comparer entre elles, les intensités de la poussée et de la butée, pour les principaux cas traités géométriquement dans le texte de l'ouvrage, formules qui paraîtront, en elles-mêmes, assez simples, si l'on a égard à l'état de complication des questions auxquelles elles se rapportent. »

PHYSIQUE. — *Observations sur la nouvelle méthode thermographique de* M. Herschel, *et sur son application au spectre solaire; par* M. MELLONI.

« L'Académie a reçu, dans sa dernière séance, un Mémoire de M. Herschel, extrait des *Transactions philosophiques* de cette année, et intitulé : « On the chemical action of the rays of the solar spectrum; on preparation of silver and other substances both metallic and non metallic, and on some photographic processes (1). »

» Les notes I et III, placées à la fin de ce Mémoire, contiennent la description du procédé suivant, pour rendre visible le spectre calorifique, au moyen d'une espèce de tracé thermographique.

» M. Herschel prend une feuille de papier très mince; il la noircit d'un côté en la faisant passer à plusieurs reprises sur une flamme fumante; et après l'avoir tendue sur un châssis, il la mouille du côté blanc avec de l'alcool rectifié, et il expose ce même côté à l'action du spectre solaire : les points de la surface mouillée où frappent les rayons calorifiques sèchent avant les autres, et indiquent ainsi transitoirement les températures correspondantes par l'apparition de taches plus ou moins claires.

» En appliquant ce procédé à des spectres produits par une combinaison de prismes et de lentilles qui donnait une grande vivacité aux rayons incidents sur le papier, il a obtenu des faits qui me semblent fournir une nouvelle preuve de la théorie que j'ai adoptée sur la diathermansie du verre. Avant d'entrer en aucun développement à cet égard, je me permettrai quelques observations critiques sur la méthode de mesure employée par M. Herschel : j'espère que l'illustre astronome voudra bien me les pardonner, car elles sont dictées par le plus pur amour de la science.

» 1°. Comment peut-on admettre que les différents rayons du spectre sont tous également absorbés par la surface blanchâtre du papier mouillé? n'est-il pas probable, au contraire, que les rayons supérieurs soient moins absorbés que les rayons inférieurs (2)? Je dis plus : il est extrêmement

(1) *Philosophical Transactions* for 1840, 1re part.

(2) Je suppose l'axe du prisme horizontal et l'ouverture de l'axe réfringent tournée vers le ciel, de manière à ce que les éléments de la radiation prismatique occupent sur le papier, disposé verticalement, une place d'autant plus élevée, qu'ils sont plus réfrangibles.

probable que les choses se passent réellement ainsi. En effet, si l'on explore la distribution de la chaleur dans le spectre solaire avec un thermomètre à réservoir blanchi, on trouve le maximum de température d'autant plus bas que la teinte du réservoir est plus claire. Un thermomètre noirci donne la plus haute position du maximum. Or, le noir de fumée est le seul corps qui absorbe avec la même intensité toute sorte de rayons calorifiques : on l'a supposé jusqu'à présent, mais je tâcherai de le prouver dans un Mémoire que je compte lire sous peu à l'Académie: la marche descendante du maximum de température, lorsqu'on emploie les thermomètres à teinte de moins en moins foncée, indique donc que dans le cas d'une surface non couverte de noir de fumée, les rayons plus réfrangibles du spectre éprouvent une absorption inférieure à celle que subissent les rayons moins réfrangibles. Donc les échauffements des divers points du papier mouillé à couleur laiteuse, et par suite les quantités respectives d'eau évaporées, et les degrés de sécheresse, ne représentent pas les intensités relatives des divers éléments qui entrent dans la composition du rayon solaire, et ne sauraient être considérés comme un mode exact de leur évaluation comparative.

» 2°. La chaleur acquise par les points du papier qui sont soumis à l'action des radiations calorifiques, doit nécessairement se communiquer par conductibilité aux points environnants ; en sorte que le dessèchement accéléré se produira aussi dans certaines parties de la surface où ne frappe aucun rayon du spectre. Il en résulte : 1° que les impressions thermographiques seront toujours plus grandes que celles de leurs rayons générateurs ; 2° qu'un faisceau de rayons compris entre deux lignes parallèles, et doué d'une intensité décroissante de l'une à l'autre extrémité, ne donnera pas sur le papier sensitif de M. Herschel une bande de même figure, mais un espace limité par deux lignes convergentes vers le côté soumis aux rayons de moindre énergie ; 3° que l'impression tracée par une bande de rayons de même intensité produira un renflement plus fort au centre, et se rapprochera plus ou moins de la figure circulaire selon l'énergie du faisceau calorifique et le rapport existant entre ses deux principales dimensions. En effet, les parties de papier correspondantes au centre du faisceau doivent s'échauffer bien davantage que les portions extrêmes, puisque ces dernières ont un contact plus étendu avec la matière froide environnante : donc le foyer de propagation sera plus intense dans le premier cas que dans le second ; la chaleur de conductibilité parviendra à une distance plus ou moins grande selon qu'elle partira du

centre ou des extrémités ; le desséchement suivra la même voie ; et la bande se convertira dans un espace ovale ou circulaire, comme nous l'avions annoncé.

» M. Herschel trouve la distribution des températures dans le spectre solaire analogue à celle qui a été assignée par le plus grand nombre de physiciens qui se sont occupés de cette étude : seulement les premières traces calorifiques sensibles ne commenceraient pas à l'extrémité violette, mais entre l'indigo et le bleu. Ceci semblerait indiquer que la nouvelle méthode thermographique de M. Herschel est inférieure en sensibilité aux procédés thermométriques ordinaires; car, en employant un appareil composé de plusieurs thermomètres à petit réservoir, M. Bérard a bien vu le premier, je crois, que l'action calorifique, nulle au-delà de la limite de plus grande réfrangibilité, se montre cependant d'une manière distincte avec l'apparition des premiers rayons violets.

» Quant au *maximum* de température, M. Herschel le place dans l'espace obscur, au-delà des rayons rouges, un peu plus loin de la dernière limite visible du spectre que ne l'avait trouvé son père dans les mêmes circonstances. Il me paraît fort probable que cette différence provient de la cause indiquée dans notre première observation.

» La planche qui accompagne le Mémoire de l'auteur montre que le tracé thermographique ne se présente pas comme une bande limitée par deux lignes parallèles : c'est une espèce de figure lancéolée, dont le plus grand diamètre transversal coïncide avec la ligne de la plus haute température. On conçoit aisément que cette discordance entre la forme du faisceau de chaleur réfractée et l'impression qu'il produit sur le papier, n'est qu'une conséquence immédiate du principe de propagation latérale développé dans la seconde observation.

» Mais le fait le plus remarquable trouvé par M. Herschel, c'est l'existence de plusieurs solutions de continuité dans la partie la moins réfractée du spectre calorifique solaire : ces solutions ne forment pas des lignes transversales extrêmement minces, analogues aux raies que Fraunhofer a découvertes dans le spectre lumineux ; mais elles ont une dimension beaucoup plus grande, et sont toutes situées dans l'espace obscur qui précède l'extrémité rouge : l'effet qu'elles produisent sur le tracé thermographique est l'isolement de deux ou trois espaces blancs presque circulaires, d'intensité décroissante en partant de la partie continue.

» Remarquons d'abord que la figure arrondie des taches provient en grande partie de la petite largeur du spectre, qui, dans les dispositions adoptées

par M. Herschel, avait une valeur presque égale au diamètre apparent du soleil; la propagation plus ou moins étendue de la chaleur des parties centrale et extrêmes des bandes actives y contribue peut-être aussi.

» De toute manière les interruptions de l'action calorifique n'ont, je le répète, aucune analogie avec les ombres linéaires de Fraunhofer; mais elles ressemblent beaucoup aux solutions de continuité que l'on observe dans le spectre solaire regardé à travers certains verres colorés. Or M. Herschel n'a point employé dans ses expériences la substance qui transmet indistinctement et avec la même énergie toute sorte de chaleurs rayonnantes, mais une espèce particulière de flint très dispersif qui, quoique doué de la plus grande limpidité, possède cependant, comme presque tous les autres milieux incolores, cette propriété que nous avons appelée *diathermansie*, ou *coloration calorifique*, parce qu'elle produit sur la transmission rayonnante de la chaleur le même effet que produisent les milieux colorés sur la lumière.

» Qu'arriverait-il maintenant si, au lieu de réfracter les rayons solaires avec un prisme d'une substance incolore, on se servait d'un prisme de verre fortement coloré? On obtiendrait évidemment un spectre incomplet, parsemé de bandes obscures, tout-à-fait analogue à celui que l'on observe en faisant passer le spectre normal par une grosse lame du même verre coloré. Voilà précisément le cas du spectre calorifique de M. Herschel, et du tracé graphique qu'il engendre sur le papier: les éléments générateurs proviennent d'un prisme composé avec une substance *colorée* relativement à la chaleur, et présentent des apparences semblables. Les solutions de continuité observées par le célèbre astronome anglais constituent donc, comme nous le disions ci-dessus, une nouvelle preuve de l'analogie qui existe entre les phénomènes de la diathermansie et ceux de la coloration proprement dite.

» M. Herschel pose ensuite la proposition suivante. Selon toute probabilité les taches dérivent de l'inégale absorption des milieux traversés par les rayons solaires. Or, en laissant de côté ce qui se passe hors de notre globe, il n'y a que deux suppositions à faire. L'action provient de l'atmosphère terrestre ou du prisme réfringent : pour attaquer directement la première partie du dilemme il faudrait répéter les expériences à diverses élévations au-dessus du niveau de la mer et sous différentes déclinaisons solaires, ce qui ne paraît pas encore avoir été exécuté : quant à la seconde partie, il suffisait de changer le prisme et les lentilles et voir s'il y avait ou non des variations importantes dans l'ordre, la disposition ou l'intensité relative des

taches. Effectivement, l'auteur a substitué le crown au flint; la tache supérieure s'est réunie presque complétement à la partie continue; les deux autres se sont considérablement rapprochées et affaiblies. Mais le spectre fourni par le prisme de crown était si peu étendu, en comparaison de celui provenant du flint, que M. Herschel paraît disposé à attribuer cet effet à une espèce d'oblitération provenant de la faible dispersion du crown; de manière qu'il reste toujours incertain, selon lui, si c'est bien le prisme ou l'atmosphère qui donne lieu au phénomène des taches.

» M. Herschel a répété avec sa nouvelle méthode plusieurs de mes expériences sur la chaleur solaire. En interposant sur le trajet des rayons prismatiques une lame de verre vert, il a observé que toute la partie continue du tracé graphique s'effaçait; mais l'on trouvait encore les marques des taches détachées : au contraire, lorsqu'on interposait une couche d'eau renfermée entre deux verres parallèles, les taches disparaissaient, et toute la partie continue se montrait avec la même intensité. Je regrette que l'illustre astronome n'ait pas jugé à propos de compléter les observations en interposant les deux substances réunies; car alors il aurait vu un des plus curieux faits que renferme aujourd'hui la science du calorique rayonnant, c'est-à-dire un milieu diaphane tout-à-fait imperméable à la chaleur rayonnante; ce qui est précisément l'inverse de l'autre fait, également remarquable, des substances complétement opaques et diathermanes.

» L'expérience de la couche d'eau interposée toute seule sur le passage du spectre fourni par le prisme de flint, ne décide pas la question de l'absorption atmosphérique, parce que les taches ne s'effacent qu'en vertu de la disparition de toute la partie inférieure des rayons réfractés, et que l'on peut dire ici, bien plus que dans le cas du crown, qu'il y a raccourcissement du spectre, empiètement, oblitération des alternatives obscures et lumineuses. Mais il existait un moyen décisif pour savoir si les taches provenaient réellement de l'absorption atmosphérique, ou de la diathermansie des corps employés comme réfracteurs, et je regrette que M. Herschel n'ait pas songé à le mettre en œuvre. C'était, tout simplement, de refaire son expérience avec un prisme de sel gemme, substance qui transmet toute sorte de chaleurs rayonnantes avec la même intensité. Si les taches disparaissaient, comme j'ai tout lieu de le croire, on en aurait déduit que le phénomène observé par M. Herschel est dû à l'inégale absorption du flint. Autrement, il aurait fallu les attribuer à l'action de l'atmosphère terrestre, ou bien à l'atmosphère du Soleil, ou enfin à l'absence initiale de certains rayons dans le flux calorifique solaire. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches chimiques sur les bitumes ; par*
MM. PELLETIER et PH. WALTER.

PREMIER MÉMOIRE. — *Du Naphte.*

« *Résumé et conclusions.* — Il suit des faits principaux consignés dans ce Mémoire :

» 1°. Que le naphte natif n'est pas constitué par une seule substance, mais qu'il est formé d'une matière solide et de plusieurs substances huileuses ;

» 2°. Que la matière solide est la paraffine qui y existe toute formée ;

» 3°. Que les substances huileuses sont des hydrogènes carbonés ;

» 4°. Que parmi ces hydrogènes carbonés on en peut distinguer trois définis et caractérisés, dont on a déterminé la composition, savoir : le naphte, le naphtène et le naphtole ;

» 5°. Que le *naphte* peut être représenté par la formule

C^{28} =	1071,28	86,8
H^{26} =	162,50	13,2
	1233,78	100,0

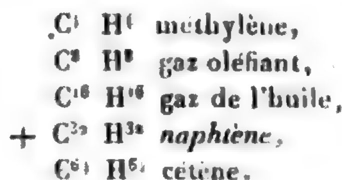
La densité de la vapeur est 3,39 par le calcul, et 3,40 par l'expérience. Suit, dans le Mémoire, l'exposé de l'action que les agents chimiques exercent sur cette matière, et principalement le chlore, l'iode, le brome et l'acide nitrique ;

» 6°. Que le *naphtène* peut être représenté par la formule

C^{32}.....	1224,32	85,9
H^{32}.....	200,00	14,1
	1424,32	100,0

La densité de la vapeur est 3,92 par le calcul, et 4 par l'expérience ;

» 7°. Que ce corps nous donne le quatrième terme de la série des hydrogènes carbonés commençant par le méthylène et finissant par le cétène, savoir :


C^{4} H^{4} méthylène,
C^{8} H^{8} gaz oléfiant,
C^{16} H^{16} gaz de l'huile,
+ C^{32} H^{32} *naphtène*,
C^{64} H^{64} cétène.

» 8°. Que le *naphtole* peut être représenté par la formule

C^{48}........	86,9
H^{44}........	13,1
Densité...........	5,6;

» 9°. Que le naphtole et surtout le naphtène forment avec le chlore, l'iode et le brome, des composés qui méritent de fixer l'attention des chimistes;

» 10°. Que le naphte natif, en raison de sa composition et des produits qu'on en retire, doit être considéré comme produit par l'action d'une chaleur assez forte sur des matières organiques probablement végétales, mais qu'on peut assurer que la température sous laquelle il a été produit n'a jamais dû dépasser le rouge-cerise. »

M. d'Hombres-Firmas adresse une Notice ayant pour titre : *Excursion à la montagne de Saint-Pierre* ou *Petersberg*, près de Maëstricht.

RAPPORTS.

mécanique appliquée. — *Rapport sur un compteur à gaz de* M. Clegg, *présenté par* M. Osmont.

(Commissaires, MM. Arago, Séguier, Savary rapporteur.)

« C'est aujourd'hui une question importante que celle de mesurer avec exactitude la quantité de gaz d'éclairage consommée par un certain nombre de becs. Il ne suffit pas de déterminer la durée de la combustion, car il dépend du consommateur d'allonger ou de raccourcir la flamme, de faire varier ainsi la dépense du simple au double. La solution directe et rigoureuse consisterait à évaluer sous une pression donnée, le volume qui s'écoule. Nous n'avons pas à examiner ici divers appareils imaginés pour cet objet et plus ou moins répandus. Nous avons à parler d'un moyen de mesure tout-à-fait indirect, mais ingénieux et, entre certaines limites, suffisamment exact dans l'application.

» Le principe sur lequel est fondé le nouveau compteur consiste à faire agir une source de chaleur presque constante sur une portion donnée du gaz qui traverse l'appareil, puis à déterminer par l'échauffement de cette portion de gaz les oscillations d'un pendule d'une espèce particu-

lière. L'expérience montre que l'on peut rendre le nombre des oscillations sensiblement proportionnel à la consommation totale.

» Il y a donc deux points principaux à considérer : la source de chaleur constante d'une part, le pendule de l'autre.

» La source de chaleur est un petit jet du gaz combustible lui-même, qui sort par un trou capillaire quand on veut que l'éclairage commence. On allume ce jet, et il donne une flamme semblable à celle d'une veilleuse. La flamme est à la base d'une cheminée métallique, étroite et longue ; cette cheminée s'échauffe.

» Il faut que sa température demeure à très peu près constante, que cette invariabilité se maintienne d'elle-même.

» Or, suivant que la cheminée s'échauffe ou se refroidit, elle s'allonge ou se contracte. Son extrémité supérieure monte ou descend, et avec elle, par l'intermédiaire d'un levier et d'un fil, s'élève ou s'abaisse un petit cône qui pénètre plus ou moins dans l'ouverture inférieure du tuyau d'alimentation de la veilleuse, rétrécissant ou élargissant ainsi cette ouverture.

» Si la température de la cheminée est trop forte, la flamme de la veilleuse baissera donc; trop faible, on voit cette flamme augmenter à l'instant.

» Le degré de température de la cheminée, ou plutôt son excès de température sur l'air extérieur, sera donc, sinon invariable, ce qui est impossible, du moins compris entre des limites fort resserrées.

» Ajoutons que cette température moyenne dépend de celui qui règle d'avance le compteur. Il dépend de lui qu'à une même longueur de la cheminée, le cône soit plus ou moins soulevé, le tuyau qui alimente la veilleuse plus ou moins ouvert.

» Voilà pour la source constante de chaleur, pour la première moitié de la question.

» Passons à la seconde, au pendule. Il se compose de deux boules creuses en verre, de même diamètre, communiquant entre elles par un tube recourbé à peu près en forme de C. Une certaine quantité d'alcool est d'abord introduite de manière à remplir presque en totalité l'une des boules. L'ouverture qui a servi à l'introduction est ensuite fermée à la lampe et l'alcool demeure isolé de tout contact extérieur.

» Le tube qui joint les deux boules est pris au milieu de sa longueur dans un collier de fer-blanc faisant corps avec une plaque de même métal interposée transversalement entre les boules, comme un écran. A cette

plaque est soudé un axe en fer, horizontal, mobile sur des tourillons, autour desquels le système entier peut tourner librement.

» Concevons maintenant une des boules pleine d'alcool, et située au-dessous de l'axe de rotation, l'autre vide et située au-dessus; puis échauffons d'une manière quelconque la boule inférieure. La vapeur qui se forme détermine par son élasticité l'ascension du liquide dans le tube de communication, son déversement dans la boule supérieure. Lorsque celle-ci est suffisamment remplie, le centre de gravité du système se trouve au-dessus de l'axe horizontal, dans une position excentrique: un renversement a lieu, la boule qui vient de se remplir tombe à la partie inférieure, la boule qui s'est vidée remonte; l'équilibre se rétablit presque aussitôt et tout se retrouve disposé comme à l'origine.

» Le jeu du compteur se concevra maintenant sans difficulté. Le gaz en y pénétrant se partage entre deux tuyaux; par le premier, il arrive froid à la surface de la boule supérieure du pendule; par le second, il arrive chaud à la surface de l'autre boule, car ce second tuyau enveloppe, dans une certaine étendue, la cheminée métallique que nous avons portée à une haute température.

» Ainsi la boule supérieure se trouve constamment ramenée à la température du gaz affluent, de l'air extérieur; la boule inférieure à une température plus élevée et constante. De là une suite de renversements à des intervalles de temps réguliers. S'il y a dans la suspension des boules quelque défaut de symétrie, la régularité ne s'observe que de deux en deux oscillations.

» Doit-on craindre maintenant que le jeu de ce système ne s'altère à la longue? Serait-ce par une augmentation de frottement de l'axe de rotation sur ses appuis? Mais le poids du liquide est une force très grande par rapport à ce frottement, et la durée de chaque mouvement de bascule n'est qu'une très petite fraction de l'intervalle de temps que le liquide met à passer d'une boule dans l'autre. C'est un effet tout semblable à ce qui a lieu dans le mécanisme des montres où les temps d'arrêt sont assez longs, par rapport aux décrochements du rouage, pour que la régularité du mouvement dépende presqu'en totalité du régulateur qui détermine le retour de ces temps d'arrêt.

» Le régulateur est ici, comme on l'a vu, le mécanisme qui rend à peu près invariable l'excès de température de la portion de gaz échauffée.

» A peine est-il nécessaire d'ajouter qu'à l'aide d'un double rochet, le

nombre des renversements est indiqué par des aiguilles sur plusieurs cadrans divisés.

» Ce qui précède suffirait pour montrer comment le nouveau compteur de M. Clegg une fois taré pour un courant de gaz d'*une vitesse donnée*, alimentant un nombre donné de becs; comment, disons-nous, ce compteur indiquerait toujours, pour un courant tout semblable, la même dépense par le même nombre d'oscillations; mais la seule durée de la combustion en dirait autant.

» Il faut plus : le nombre de becs restant le même, la vitesse du courant, dans le tuyau commun qui les alimente, variera si l'on fait varier la hauteur de la flamme; elle éprouvera des variations bien plus grandes, si l'on allume tantôt un seul bec, par exemple, tantôt plusieurs; elle sera, pour une même hauteur de flamme, proportionnelle au nombre de becs allumés.

» Ce qu'il faut alors, c'est que le compteur unique, appliqué au tuyau commun d'alimentation, indique par le même nombre d'oscillations un même volume de gaz dépensé, quelle que soit, du moins entre certaines limites, la vitesse du courant. Ce qu'il faut, c'est que le nombre des oscillations soit proportionnel à cette vitesse, que leur durée varie dans un rapport inverse.

» Est-il possible d'obtenir ce résultat? les différentes causes d'erreur qu'il est facile d'apercevoir, mais dont il serait très difficile d'apprécier l'influence, peuvent-elles, dans certaines conditions, se compenser assez exactement? C'est là toute la question, et, sans analyser des réactions trop compliquées, nous avons dû nous borner aux expériences propres à justifier l'emploi de l'appareil.

» On a d'abord cherché, en prenant au hasard un compteur, comment la vitesse du courant influait sur la durée des oscillations. On a donc mesuré cette durée, en faisant varier le nombre des becs que le compteur alimentait par un tuyau commun et en ramenant, dans chaque cas, la flamme à la même hauteur. Voici les résultats obtenus :

Nombre de becs.	Durée de 20 oscillations.	Produit de la durée par le nombre de becs.
1	24′ 45″	24′ 45″
2	16.20	32.40
3	11. 0	33. 0
4	8.34	34.16
5	7. 4	35.20
6	6. 0	36. 0
7	5. 7	35.49

» Le produit de chaque durée par le nombre de becs doit être un nombre constant, si une même quantité de gaz donne toujours, quelle que soit la vitesse d'écoulement, un même nombre d'oscillations. Cette constance s'observe ici à peu près pour quatre, cinq, six et sept becs; pour trois becs, la variation est déjà notable. Le produit relatif à un bec s'écarte seul beaucoup des autres.

» La proportionnalité des nombres d'oscillations aux volumes de gaz n'a donc pas lieu, en général, indépendamment des vitesses; mais elle n'est que très peu altérée entre certaines limites, entre des vitesses qui varient de 4 à 7, dans l'observation précédente.

» On peut étendre ces limites. On peut faire en sorte que les nombres d'oscillations pour un bec et pour sept, par exemple, deviennent égaux, quand il passe, dans les deux cas, un même volume de gaz. Il suffit, pour obtenir cette égalité, de faire varier la température moyenne de la cheminée, en changeant la longueur du fil qui soulève le cône régulateur de la veilleuse.

» On a pris, afin de s'en assurer, un autre compteur, et l'on a observé successivement, pour sept becs et un bec, la durée de 20 oscillations.

» On a trouvé cette fois

Nombres de becs.	Durée de 20 oscillations.	Produit de la durée par le nombre de becs.
1	27' 4"	27' 4"
7	5.34	38.58

Le fil du régulateur raccourci de quatre tours de vis, l'expérience a donné

Nombre de becs.	Durée de 20 oscillations.	Produits correspondants.
1	38' 41"	38' 41"
3	13.31	40.33
5	7.48	39. 0
7	5.51	40.57

Ici les produits ne diffèrent que d'environ $\frac{1}{20}$ de leur valeur; les erreurs accidentelles dont l'appareil est susceptible sont de cet ordre.

» On a voulu enfin s'assurer s'il était possible, par le jeu du régulateur, de dépasser notablement dans un sens ou dans l'autre, le point pour lequel le compteur est convenablement réglé. On trouvait pour une position du régulateur, avec un appareil dont les dimensions diffèrent de celles des

compteurs précédents :

Nombre de becs.	Durée de 10 oscillations	Produits
1	31'20"	31'2"
7	3.35 ,6	27.9

puis, le fil du régulateur étant allongé de 8 millimètres,

1	13' 1"	13'1"
7	2.35,4	20.8

Une position à peu près intermédiaire aurait donc rendu les produits égaux. Il est facile d'obtenir cette position par quelques tâtonnements, mais il est bon de remarquer que les erreurs sont toujours plus à craindre sur les vitesses très faibles qu'avec les courants rapides. Les variations de température de la cheminée ont plus d'influence dans le premier cas que dans le second.

» Ce qui précède suffit pour montrer comment un compteur peut être réglé, c'est-à-dire amené à faire un nombre constant d'oscillations quand il passe un même volume de gaz, quelle que soit la vitesse du courant.

» Cela ne suffirait pas pour rendre comparables plusieurs compteurs différents, c'est-à-dire pour que le nombre d'oscillations relatif à un même volume de gaz fût égal pour tous les compteurs, après que chacun d'eux aurait été réglé séparément.

» Cette égalité ne pourrait être obtenue directement que par une exactitude d'exécution qui élèverait le prix des appareils. Il est bien mieux que l'on puisse y arriver, même avec des appareils assez grossiers, à l'aide de quelques essais et d'une dernière disposition dont nous n'avons pas encore parlé.

» Elle consiste en ce que le tuyau qui apporte le gaz froid à la boule supérieure du pendule, se bifurque avant de déboucher près de cette boule; la branche que nous appellerons *dérivatrice*, conduit directement aux becs une partie du gaz affluent qui ne traverse plus la chambre du compteur où le pendule oscille.

» Or l'ouverture de cette branche dérivatrice est variable. Un diaphragme, que conduit une vis, permet de l'ouvrir ou de la fermer en totalité. Fermée, tout le gaz froid agit sur la boule supérieure; ouverte, il ne lui en arrive qu'une partie.

» Mais le nombre des oscillations ne dépend pas moins du refroidissement de cette boule que de l'élévation de température de la boule inférieure.

» On a donc un moyen d'accélérer ou de retarder, pour toutes les vitesses du courant gazeux, les oscillations d'un compteur déjà réglé séparément. Ce moyen consiste à augmenter ou à rétrécir l'ouverture du tuyau dérivateur.

» Les nombres suivants montrent comment l'ouverture de ce tuyau influe ici sur les nombres d'oscillations.

Quantité de gaz consommée = 60[litres].

NOMBRE de becs.	LE TUYAU DÉRIVATEUR FERMÉ.		OUVERT A MOITIÉ.		ENTIÈREMENT OUVERT.	
	Durée.	Nombre d'oscill.	Durée.	Nombre d'oscill.	Durée.	Nombre d'oscill.
7	4' 57"	30	4'. 36"	14,5	4' 35"	11,0
1	31. 14	36	30. 0	24	29. 0	20,5

» On voit, comme on devait s'y attendre, toutes les oscillations devenir plus lentes à mesure que le tuyau dérivateur est plus ouvert; mais on voit en outre que, pour de petites ouvertures, les nombres d'oscillations correspondant à une même consommation de gaz, décroissent bien plus quand la vitesse du courant est rapide, que lorsqu'elle est faible. Dès que le tuyau est ouvert à moitié et au-delà, le décroissement des nombres d'oscillations est sensiblement le même, quelle que soit la vitesse du courant. Dans ces dernières limites, on pourra donc, en faisant varier l'ouverture du tuyau dérivateur, ramener à être comparables deux compteurs réglés séparément, sans qu'ils cessent d'être réglés ensuite. Cependant, comme cela n'est vrai qu'entre certaines limites, il faudra toujours s'assurer, après avoir rendu les compteurs comparables pour une certaine vitesse d'écoulement du gaz, qu'ils le sont encore pour une vitesse très différente. S'il n'en était pas ainsi, on devrait revenir à modifier un peu le régulateur de la veilleuse.

» Il sera même convenable, lorsqu'un compteur est en place, ajusté comme il doit l'être par rapport aux tuyaux de consommation, de vérifier que ses indications sont bien les mêmes pour de faibles et de fortes vitesses du courant de gaz. On peut toujours faire cette vérification, au moins d'une manière approchée, en égalisant la lumière d'un certain nombre de becs.

» Nous avons dû nous assurer, et nous nous sommes assurés en effet, qu'une variation de pression, supérieure à celles qui ont lieu ordinairement, n'a qu'une très faible influence sur les indications du compteur, bien que la communication de chaleur par les gaz dépende de leur élasticité.

» Nous avons également reconnu qu'une élévation assez forte dans la température du gaz affluent, ne modifiait que très peu les oscillations; elles ne dépendent sensiblement que de la différence de température des deux courants intérieurs.

» Les expériences que nous avons rapportées sont loin sans doute d'être complètes; elles ont été entreprises à différents jours, avec différents compteurs, chacune dans le but de constater des faits différents. Il aurait fallu plus de temps encore pour coordonner et lier entre eux les résultats; car, dans un appareil aussi compliqué, toutes les parties réagissent les unes sur les autres.

» Si maintenant on nous demande de fixer une limite aux erreurs de l'appareil, nous croyons pouvoir dire qu'elles ne dépasseront pas un dixieme des quantités que l'on mesure. Moyennement, elles n'atteindront pas même cette limite, surtout si les becs ne sont pas trop fréquemment éteints et rallumés; car, dans les premières minutes, peut-être dans le premier quart d'heure de la combustion, la cheminée n'a pas encore atteint la température permanente qu'elle doit conserver ensuite.

» En résumé, le compteur de M. Clegg est ingénieusement disposé. Si la complication des effets a quelque chose d'effrayant au premier coup d'œil, en l'examinant attentivement on n'aperçoit pas de causes d'altération notables. Il est d'une installation facile, et l'on peut toujours s'assurer, sans toucher aux pièces intérieures, si l'appareil qui règle les températures fonctionne convenablement; mais il faut que cette vérification soit faite, et qu'elle porte non-seulement sur le plus grand et le plus petit nombre de becs que le compteur doit alimenter, mais sur les nombres intermédiaires; il faut enfin que jamais un compteur ne soit appliqué à un nombre de becs qui dépasse les limites entre lesquelles on l'aura ainsi vérifié.

» La Commission, après avoir indiqué à quelles conditions le nouveau compteur peut être utilement employé, propose à l'Académie de remercier M. Osmont de cette communication. »

Les conclusions de ce Rapport sont adoptées.

MÉMOIRES LUS.

MÉDECINE. — *Recherches sur les modifications de proportion de quelques principes du sang (fibrine, globules, matériaux solides du sérum et eau) dans les maladies; par* MM. ANDRAL *et* GAVARRET.

(Extrait par l'auteur.)

« Ce travail est le résultat de l'examen du sang de 200 malades, et de 360 saignées.

» Le procédé auquel nous avons eu recours est celui qui a été indiqué par MM. Prévôt et Dumas.

» Nous avons vu, dans les maladies, sur 1000 parties de sang, la fibrine varier entre 1 et 10 millièmes, les globules entre 185 et 21, les matériaux solides du sérum entre 104 et 57, l'eau entre 915 et 725.

» Dans les maladies, il est très rare que les différents principes du sang augmentent ou diminuent simultanément. Le plus souvent on les voit s'isoler les uns des autres dans leurs altérations: tantôt il n'y en a qu'un seul qui se modifie dans sa quantité, soit en plus, soit en moins; tantôt il y en a deux qui se modifient à la fois, mais en sens inverse, de telle sorte, par exemple, qu'en même temps que la fibrine augmente, les globules diminuent, et réciproquement. De là résulte un changement remarquable dans les rapports de quantité que ces principes doivent conserver entre eux.

» Relativement aux changements que les maladies ont le pouvoir d'introduire dans la composition du sang, on peut les diviser en quatre classes:

» La première classe comprend des maladies dans lesquelles la fibrine est constamment augmentée: on y trouve les *phlegmasies;*

» La seconde classe comprend d'autres maladies dans lesquelles la fibrine n'augmente jamais et souvent diminue: telles sont les *pyrexies;*

» Dans une troisième classe on trouve des maladies où il y a diminution constante des globules: telle est la *chlorose;*

» Enfin, dans une quatrième classe se rangent des états morbides où l'altération fondamentale du sang porte sur l'albumine du sérum qui est diminuée: telle est la *maladie de Bright*.

» Mais ce n'est pas tout: les faits ne se présentent pas toujours avec cette simplicité que nous venons de leur supposer. Il arrive souvent que plusieurs

états morbides, dont chacun entraîne dans le sang une modification différente, viennent à se compliquer; eh bien! en cas pareil, on retrouve nettement dans le sang la trace de cette complication. Soit, par exemple, une pneumonie qui frappe une femme chlorotique : le sang continuera à n'avoir que très peu de globules, mais sur-le-champ sa quantité de fibrine augmentera. Nous avons vu ces résultats se reproduire si souvent, que, par cela seul que nous trouverions dans le sang de quelque malade que ce fût, plus de 5 en fibrine, nous ne craindrions pas d'affirmer chez ce malade la complication d'un des états morbides compris dans notre première classe; et par contre, par cela seul que nous trouverions moins de 2 en fibrine au lieu de trouver plus de 5, nous nierions cette sorte de complication.

» Enfin, en dehors de la maladie, les pertes de sang et la privation des aliments modifient puissamment la composition du sang, et viennent mêler leur influence à celle de la maladie. Ce fait est généralement admis; mais il s'agit de savoir de quelle manière et dans quel sens la composition du sang vient à se modifier. Voici à cet égard ce que nos recherches nous ont appris :

» Les pertes de sang et la diète agissent principalement sur les globules qu'elles diminuent. Quelle que fût la maladie dans laquelle nous pratiquions des saignées, celles-ci avaient pour effet constant de rendre, à mesure qu'on les répétait, le nombre des globules de moins en moins considérable; c'est là une loi à laquelle nous n'avons pas trouvé d'exception. Mais il est à remarquer que, d'une saignée à l'autre, les globules ne diminuent pas dans la même proportion chez tous les malades; il y a à cet égard de très grandes différences individuelles, et une grande inégalité de résistance, à tel point que chez l'un, d'une saignée à l'autre, les globules perdront à peine 2 ou 3, et que chez l'autre ils perdront plus de 30, et jusqu'à près de 40.

» Mais en même temps que les émissions sanguines font aussi, dans tous les cas, diminuer les globules, la fibrine conserve le plus souvent son même chiffre, diminue rarement, et dans d'autres circonstances augmente; et il y a encore ici quelques lois à poser.

» Lorsque la maladie est de nature telle, que l'accroissement du chiffre de la fibrine est un de ses éléments nécessaires, cet accroissement a lieu malgré les saignées et malgré la diminution des globules.

» Pour que les pertes de sang aient la puissance d'abaisser le chiffre de la fibrine, il faut qu'elles aient été très considérables, et que d'abord les

globules aient commencé par subir eux-mêmes une très grande diminution : il arrive alors un moment où tous les éléments solides du sang s'abaissent simultanément.

» Nous allons maintenant présenter l'analyse rapide des faits relatifs aux altérations de composition du sang dans les quatre grandes classes des maladies que, d'après elles, nous avons ci-dessus établies.

CLASSE PREMIÈRE.

Maladies dans lesquelles la fibrine est augmentée.

» Nous avons constaté cette augmentation sous deux ordres de maladies :

» 1°. Dans les maladies qu'on appelle des *phlegmasies ;*

» 2°. Dans les tubercules pulmonaires.

» Les maladies du premier ordre, dans lesquelles nous avons examiné le sang, sont le rhumatisme articulaire, la pneumonie, la bronchite capillaire, la pleurésie, la péritonite, l'amygdalite, l'érysipèle, la cystite, la suppuration aiguë des ganglions lymphatiques, une éruption furonculaire avec fièvre.

» Nous avons examiné le sang chez 89 individus atteints de ces maladies, et dans 153 saignées que nous avons fait pratiquer.

» Dans tous les cas où ces maladies se sont montrées sous leur forme aiguë, et qu'elles ont été accompagnées de fièvre, nous avons trouvé dans le sang une notable augmentation de fibrine dont le chiffre d'ailleurs a varié, soit dans les différents cas d'une même sorte de maladie, soit d'une espèce de maladie à une autre espèce.

» Ainsi, en prenant 3 comme moyenne normale de la fibrine, nous avons trouvé dans ce chiffre les degrés suivants d'élévation :

» Dans le *rhumatisme articulaire aigu*, la quantité moyenne de fibrine a oscillé entre 7 et 8. Son minimum a varié entre 4 et 5; son maximum a été 10.

» Dans la *pneumonie*, la quantité moyenne de fibrine a été la même que dans le rhumatisme aigu, et elle nous a offert aussi en fibrine le même minimum et le même maximum. Dans 52 saignées de pneumonie, nous avons trouvé, comme chiffres très ordinaires de fibrine, 6, 7, 8, plus rarement 9, exceptionnellement 10 (deux fois seulement), tandis que ce

dernier chiffre ne s'était rencontré qu'une seule fois dans 43 saignées de rhumatisme.

» Dans la *bronchite capillaire aiguë*, la quantité moyenne de fibrine n'est plus aussi considérable que dans les deux maladies précédentes; elle se maintient entre 6 et 7, et le maximum de fibrine cesse de dépasser 9.

» Dans la *pleurésie aiguë*, la quantité moyenne de fibrine descend encore; elle oscille entre 5 et 6, et le maximum de ce principe ne dépasse plus 6; de telle sorte qu'un chiffre assez bas en fibrine pour le rhumatisme et la pneumonie, devient pour la pleurésie le chiffre le plus élevé.

» Dans la *péritonite aiguë*, la quantité moyenne de fibrine est la même que dans la pleurésie (entre 5 et 6); le maximum de ce principe est 7.

» Dans les autres maladies que nous avons nommées, comme amygdalite aiguë, érysipèle, suppuration aiguë des ganglions lymphatiques, le chiffre de la fibrine, toujours plus élevé que dans l'état normal, descend encore, pour sa moyenne, à un chiffre un peu plus bas que dans les maladies précédentes; cette moyenne n'est plus guère que de 5. Il y a encore, dans ces cas, quelques maxima où la fibrine atteint 6 et 7.

» Mais dans aucun cas la fibrine ne descend au-dessous de 4, et très rarement elle s'abaisse au-dessous de 5.

» Ainsi dans toutes les maladies, appelées *phlegmasies*, dans lesquelles nous avons examiné le sang, quel que fût leur siége et quel que fût leur degré d'intensité, la fibrine avait dépassé notablement son chiffre normal, et les limites de l'échelle qu'elle a parcourue peuvent être représentées par les chiffres 5 d'une part, et 10 de l'autre.

» Mais pour que cette règle se soutienne, il faut qu'intervienne la double condition de l'acuité et de la fièvre.

» Car si la maladie est primitivement chronique ou l'est devenue, si la fièvre n'a jamais existé ou a disparu, la fibrine cesse d'être en excès dans le sang: elle n'y fait pas non plus défaut; elle y conserve ou y reprend sa quantité normale. C'est ce que nous avons bien constaté, en suivant dans leur forme aiguë, subaiguë et chronique, le rhumatisme, la bronchite, la pleurésie, la péritonite.

» A l'état d'acuité, l'élévation du chiffre de la fibrine est réglée par l'intensité des symptômes locaux, et par celle du mouvement fébrile. Aucune phlegmasie, comme on l'a vu, ne produit plus de fibrine que la pneumonie, et, après elle, que le rhumatisme articulaire aigu.

» Lorsque la phlegmasie s'amende, la fibrine diminue. Si, après s'être amendée, la maladie reprend de nouveau une forme plus aiguë, de nou-

veau la fibrine augmente. De telle sorte que, dans le cours d'une même maladie, on peut voir la fibrine, ou rester stationnaire, ou s'accroître, ou descendre pour remonter encore, et tout cela en raison de l'intensité des accidents plutôt que de leur durée.

» Si enfin une phlegmasie aiguë intervient dans le cours d'une maladie quelconque, elle marque sur-le-champ son apparition par une augmentation de la fibrine du sang.

» Bien différents en cela de la fibrine, les globules, dans aucun cas, ne subissent d'augmentation par l'effet de l'état phlegmasique; souvent même, dès le début des affections de ce genre, les globules semblent plutôt avoir diminué dans toute phlegmasie, et, quel qu'ait été leur chiffre au point de départ, ils offrent pour loi constante de décroître à mesure que la maladie se prolonge; mais il en est ainsi dans toutes les maladies où les individus sont soumis à la diète et aux saignées, ainsi que nous l'avons déjà vu.

» Un grand abaissement du chiffre des globules n'empêche pas l'état phlegmasique de prendre naissance; il ne l'empêche pas de s'accroître et d'arriver à un grand développement. D'une autre part, un chiffre très élevé de globules ne semble en rien favoriser sa production, et ne paraît pas contribuer, une fois produite, à la rendre plus intense. Nos observations nous ont montré l'inflammation compatible avec des chiffres très variables de globules, depuis celui de 148 jusqu'à celui de 60.

» Dans toutes ces maladies phlegmasiques, les matériaux solides du sérum n'ont présenté aucune altération digne de remarque.

» L'eau a varié entre les chiffres 771 et 840.

» En dehors de ces maladies, nous avons vu aussi, avons-nous dit, la fibrine augmenter dans le sang des individus atteints de tubercules pulmonaires, nous avons examiné ce sang chez 20 phthisiques et dans 21 saignées.

» Quelle que soit la période de la phthisie pulmonaire à laquelle on examine le sang, on constate une tendance à l'augmentation de la fibrine et à la diminution des globules. Mais l'élévation du premier de ces éléments, et l'abaissement du second, ne sont pas également marqués à toutes les phases de la maladie.

» Tant que les tubercules sont encore à l'état de crudité, la fibrine ne présente qu'une augmentation peu considérable, dont la moyenne nous semble pouvoir être représentée par le chiffre 4. Alors la diminution des globules, bien que manifeste, n'est pas encore très grande.

» Lorsque les tubercules commencent à se ramollir, la fibrine offre un chiffre plus élevé, dont la moyenne est $4\frac{1}{2}$. Les globules continuent à descendre.

» Enfin, lorsque le poumon est creusé de cavernes, la fibrine croît encore, donnant pour moyenne le chiffre 5, fournissant assez souvent $5\frac{1}{2}$, et pouvant même s'élever jusqu'à 6. Ainsi sa plus grande élévation, dans la phthisie, est loin d'avoir jamais égalé la moyenne de fibrine dans la pneumonie.

» Toutefois, lorsque la tuberculisation pulmonaire a réduit les malades au dernier degré du marasme, la fibrine elle-même commence à obéir à la loi de décroissement des autres matériaux du sang, et elle descend à son tour au-dessous de son chiffre normal : nous l'avons vue en cas pareil ne plus donner que 2. Mais c'est là une exception dont nous avons trouvé des analogues pour d'autres cas, et dont nous pouvons nous rendre compte.

» En principe général, il nous a paru qu'on pouvait établir que le plus grand excès de fibrine dans le sang des phthisiques se produisait dans l'époque où un mouvement fébrile venait à s'établir.

» Marchant en sens inverse de la fibrine, les globules, dans cette dernière période de la phthisie, deviennent de moins en moins abondants. Pendant la durée du premier degré de la maladie, ils s'étaient maintenus au-dessus de 100, n'atteignant jamais toutefois leur quantité moyenne ; dans le second degré, on les trouve généralement abaissés au-dessous du chiffre 100 ; enfin, dans le troisième degré, leur quantité, dans la majorité des cas, devient encore moins considérable. Toutefois, même dans ce troisième degré, nous n'avons vu, dans aucun cas, les globules descendre plus bas que le chiffre 81, diminution notable sans doute, mais qui est loin d'être celle qu'on trouve dans la chlorose, par exemple, et qu'on aurait pu croire, *à priori*, devoir être plus considérable, en raison des altérations profondes éprouvées par le poumon, et des obstacles que ces altérations doivent apporter dans l'accomplissement de l'hématose.

» Les matériaux solides du sérum ont varié chez nos phthisiques entre 64 et 98, le chiffre 64 ayant été donné par le phthisique qui, par exception, ne fournit que 2 en fibrine.

» L'eau s'est trouvée d'autant plus abondante que le sang a été examiné à une époque plus avancée de la maladie : elle a varié entre 784 et 845.

» Dans un autre extrait, nous aurons l'honneur de communiquer à l'Académie la suite et la fin de nos recherches. »

« Après la lecture de ce Mémoire, M. Magendie exprime toute sa satisfaction de voir un médecin comme M. Andral, diriger ses études vers un sujet aussi important et malheureusement encore aussi obscur, que les modifications du sang par les maladies. M. Magendie rappelle que lui-même suit avec persévérance, depuis plusieurs années, des recherches sur le même objet. Il dépose sur le bureau, douze tableaux qui contiennent les résultats de plus de trois cents expériences, sur les altérations du sang dans les maladies les plus fréquentes et les plus graves, observées à l'Hôtel-Dieu de Paris, dans ses salles. La comparaison de ces résultats avec ceux qu'annonce M. Andral ne peut manquer de tourner au profit de la science des maladies. M. Magendie annonce qu'il publiera bientôt un grand travail sur ce sujet. »

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

ARCHITECTURE HYDRAULIQUE. — *Exposé sommaire d'un nouveau système de fondation à la mer en blocs de béton; par* M. Poirel, ingénieur à Alger.

(Commissaires, MM. Ch. Dupin, Cauchy, Poncelet, Coriolis, Liouville, Piobert.)

« Le système le plus généralement employé pour la construction des jetées à la mer, est celui qu'on connaît sous le nom de jetées à pierres perdues. Il était pratiqué chez les anciens, ainsi qu'on le voit par le port de Civita-Vecchia, qui fut construit par Trajan. Les modernes en ont fait de nombreuses applications, et la plus remarquable entre toutes est la digue de Cherbourg qui, commencée en 1784, n'est pas encore terminée aujourd'hui.

» Les matériaux qui entrent dans la composition de ces jetées ont des dimensions qui varient depuis $0^m,20$ jusqu'à 2 et 3 mètres: sous ce volume, ils sont remués et bouleversés par la mer; mais on admet que cette action a un terme, et qu'elle cesse lorsque leur masse a pris un certain talus, sous lequel elle a acquis un degré de stabilité qui est en équilibre avec la force de la vague, dans les coups de mer les plus violents.

» Ce talus se compose de deux pentes, la première comprise entre un cinquième et un dixième, et la seconde entre un et un et demie. La profondeur à laquelle a lieu cette inflexion, qui résulte d'une diminution sensible dans l'agitation de la mer, varie entre les limites de 4 à 7 mètres,

suivant les différentes intensités des effets de la mer dans les différentes localités. Toutefois il faut reconnaître, contrairement à l'opinion généralement admise, que l'agitation ne fait que diminuer sans jamais cesser entièrement. Un grand nombre de faits vulgaires et des expériences directes prouvent qu'elle conserve encore une grande puissance, jusqu'à des profondeurs de 10 et même de 20 mètres au-dessous de l'eau.

» Indépendamment des effets destructifs qui ne se développent que lentement et successivement dans les jetées construites à pierres perdues, il en est d'autres qui se manifestent immédiatement et en cours même d'exécution. On est d'accord généralement que les musoirs doivent être construits avec des masses beaucoup plus considérables que celles qui entrent dans le corps des jetées, afin d'empêcher l'encombrement des passes du port, par le déplacement des matériaux, qui, se trouvant sans appui, sont transportés autour de ces musoirs, le long de leur face intérieure : or une jetée en construction forme successivement tête à la mer, à chaque période de son avancement. Les matériaux qui la composent doivent donc être entraînés autour de chacune des parties par lesquelles elle se termine, et transportés ainsi dans l'intérieur de l'espace de mer que l'on veut fermer pour y produire le calme; et si cette jetée est établie parallèlement et à peu de distance du littoral, la diminution des fonds résultant du déplacement des matériaux doit avoir inévitablement lieu sur la plus grande partie de la superficie du port.

» Le seul moyen de se mettre à l'abri de ces causes d'avaries et de destruction, est de n'employer que des blocs de dimensions telles, que chacun d'eux puisse isolément résister à la vague, et rester immuable sous son action, ce qui est possible, puisque cette action étant proportionnelle à la surface choquée, tandis que la résistance du bloc croît comme son cube, il y a nécessairement un point où cette dernière doit l'emporter. Cette limite fut d'abord fixée à 20 mètres cubes, mais il a depuis été reconnu que sous un volume de 10 mètres, le bloc était déjà immuable. On ne pouvait pas songer, pour des masses pareilles, à les tirer des carrières, en raison des difficultés que l'on eût trouvées à les extraire et de celles non moins grandes que leur transport eût présentées. Il ne restait donc d'autre parti à prendre que de les fabriquer artificiellement, et l'on s'est trouvé ainsi conduit à l'usage des blocs de béton.

» Ces blocs sont de deux espèces : les uns se construisent dans l'eau, sur la place même qu'ils doivent occuper; les autres sont fabriqués sur berge, pour être ensuite lancés à la mer.

» Les premiers se font en immergeant du béton dans des caisses-sacs échoués sur l'emplacement que le bloc doit occuper. Les parois de ces caisses sont formées d'un grillage en poutrelles, recouvert intérieurement d'un double cours de planches à joints croisés formant bordage. La partie inférieure est découpée à peu près suivant le profil du sol sur lequel elles doivent reposer. Elles sont garnies à l'intérieur d'une toile goudronnée, fixée sur tout leur pourtour et formant sac. Cette toile, clouée sur la charpente, règne sur la hauteur totale de la caisse jusqu'à $0^m,50$ au-dessus du niveau de l'eau. Les quatre panneaux de la caisse sont assemblés par des équerres en fer à charnière, de manière à pouvoir se démonter facilement. On les enlève au bout de dix à quinze jours; et pour les faire servir de nouveau il suffit, soit en les découpant, soit en les allongeant, de les profiler à peu près suivant la forme du sol. Une fois assemblés, on y adapte une nouvelle toile qui doit avoir une ampleur suffisante pour se plier à toutes les sinuosités du fond qu'elle recouvre. La caisse forme ainsi un véritable sac, dont les côtés sont fortifiés par des panneaux en charpente sur lesquels la toile est étendue et fixée. La masse de béton qui la remplit peut donc se mouler parfaitement sur le terrain, et se lier avec lui par les aspérités mêmes qu'il présente: tandis qu'avec les caisses à fond plat que l'on emploie généralement pour fonder des ouvrages dans l'eau sans épuisement, il faut s'appliquer à faire disparaître les aspérités du sol, en le dressant suivant une surface à peu près de niveau, opération difficile et dont la réussite est très chanceuse.

» Ces caisses-sacs sont préparées sur le chantier et lancées dans le port, d'où elles sont remorquées par des pontons et amenées en flottant sur la place qu'elles doivent occuper. On les y fixe au moyen de petites caisses en bois, amarrées tout autour de la caisse-sac, et remplies de boulets ou de gueuses de fonte: la caisse-sac une fois mise en place, on y établit une machine à couler sur un échafaudage volant qui communique à la terre par un pont de service.

» On a été conduit à ce mode de fabrication de blocs factices par un procédé qu'emploient les Italiens lorsqu'ils veulent réparer les affouillements qui ont lieu dans les maçonneries sous l'eau. Ce procédé consiste à remplir de béton des sacs semblables aux sacs à terre en usage dans la fortification, pour être placés les uns sur les autres dans l'ouverture à fermer. Partant de cette idée, on fit remplir de béton et jeter à la mer, par un gros temps, un sac beaucoup grand que les sacs à terre; et, au bout de quelques jours, lorsque la mer fut calme, on trouva ce bloc très dur et très résistant. Il

ne s'agissait plus, pour arriver à un procédé analogue, à en former de toutes pièces qui eussent de très grandes dimensions, que de construire le sac de manière qu'il ne pût pas crever, et de le remplir de béton sur la place même où l'on voulait immerger le bloc; problème qui a été résolu comme on vient de l'exposer, la caisse ci-dessus décrite n'étant autre chose qu'un grand sac en toile dont les parois sont fortifiées par une charpente.

» La seconde espèce de blocs, celle qui se fait à terre, est fabriquée dans des caisses dont les quatre cloisons sont formées de poutrelles recouvertes en planches. Le fond sur lequel elles s'assemblent repose sur deux grandes poutres réunies entre elles et inclinées suivant un plan dont l'extrémité aboutit au point où l'on veut immerger le bloc. Ces caisses sont, comme les premières, entièrement vides et sans aucune traverse intérieure.

» De quatre à six jours après le coulage, on enlève les quatre panneaux que l'on assemble ensuite pour faire un nouveau bloc. Ainsi mis à nu, le bloc a acquis, au bout d'un mois ou deux au plus, suivant la température, une consistance suffisante pour être lancé à la mer.

» Cette dernière opération se divise en deux autres partielles, qui consistent, d'abord à soulever le bloc, et ensuite à le transporter au point où l'on doit l'immerger.

» Pour soulever le bloc, on passe une chaîne en fer dans chacune des rainures ménagées à cet effet; deux autres chaînes tiennent les deux premières par le moyen de maillons, et enveloppent le bloc des quatre côtés.

» On fait avancer la machine jusqu'à ce que le bloc, qui est au-dessous, se trouve placé au milieu et symétriquement; et arrivé dans cette position, les quatre chaînes qui l'embrassent sont saisies par celles qui sont fixées aux quatre vis de la machine. Ainsi amarré, seize hommes, dont quatre à chaque roue, suffisent pour soulever le bloc à $0^{m},50$ du sol: cette opération se fait en vingt minutes.

» Le bloc étant soulevé, on place dessous un chariot à quatre roues basses qui n'ont que $0^{m},25$ de diamètre et sont encastrées dans l'épaisseur du bois; deux planches suifées, disposées sur ce chariot, servent à faciliter la descente du bloc. On le fait avancer sur un chemin de fer, par le moyen d'un petit cabestan, mis en mouvement par huit hommes. Arrivé au bout du chemin, on lui donne une légère inclinaison qui suffit pour que le bloc, par son propre poids, glisse sur le chariot en entraînant avec lui les planches suifées.

» Il y a un second mode de transport et d'immersion par mer, que l'on emploie concurremment avec celui qui vient d'être décrit. Le bloc est

d'abord descendu dans l'eau sur une cale inclinée, jusqu'à ce qu'il plonge d'un mètre à l'avant.

» Une fois dans cette position, on amène une machine composée de deux flotteurs, entre lesquels il se trouve symétriquement placé; ces flotteurs le saisissent au moyen de chaînes passées en-dessous du bloc, et le transportent en le maintenant sur l'eau, à l'instar des chameaux dont les Hollandais se servent pour alléger les vaisseaux et les faire passer sur les hauts-fonds.

» Les deux systèmes d'immersion des blocs par terre et par eau sont employés concurremment à la construction du nouveau môle; les 85 mètres de longueur, exécutés jusqu'au 1^er^ juin 1840, et qui ont subi l'épreuve des plus grosses mers, fournissent une expérience décisive en faveur de ce mode de construction des môles en blocs de béton de 10 mètres cubes, jetés irrégulièrement les uns sur les autres. Elle démontre que ces blocs restent invariablement dans la position où on les a immergés.

» On a relevé, de 5 en 5 mètres, huit profils du nouveau môle sur les 40 mètres les plus avancés au large : bien que différents entre eux, ils donnent généralement, pour les talus suivant lesquels les blocs s'arriment, un de base sur un de hauteur du côté du large, et demie de base sur un de hauteur vers l'intérieur du port. Il résulte ensuite de la comparaison qui a été faite de la section de ces profils, avec les attachements que l'on a tenus des blocs immergés de l'un à l'autre, que les vides sont, à peu de chose près, le tiers des pleins, ou, ce qui revient au même, qu'il y a un quart de vide et trois quarts de plein dans la masse totale qu'ils forment entre eux.

» Le système de construction en blocs de béton, tel qu'il vient d'être sommairement exposé, présente, sur la méthode de pierres perdues que l'on suit partout aujourd'hui, de nombreux avantages dont les principaux sont : 1° une stabilité immédiate, qui, au contraire, n'est jamais assurée avec les enrochements ordinaires; 2° une facilité incomparablement plus grande dans le transport des matériaux, généralement si pénible et si coûteux pour ceux que l'on extrait des carrières, dès que leur volume dépasse 2 ou 3 mètres; 3° une diminution considérable dans la section du profil affecté par les jetées, et par suite une économie notable dans les dépenses; 4° enfin, une exécution applicable dans toutes les localités, aujourd'hui que les progrès opérés dans l'art des mortiers hydrauliques permettent de fabriquer partout des bétons; tandis qu'il est généralement rare de trouver à proximité, et dans une situation convenable, des carrières propres à fournir de gros blocs d'une qualité de pierre assez résistante pour être employée à la mer. »

PHYSIQUE. — *Sur quelques phénomènes mécaniques qui accompagnent les décharges électriques ; par* M. ABRIA.

(Commissaires, MM. Savart, Becquerel, Pouillet.)

« Les corps légers, placés dans le voisinage de l'étincelle électrique, prennent, sous son influence, une disposition régulière et très digne d'être remarquée. On peut le vérifier très facilement en faisant passer la décharge d'une jarre électrisée à saturation entre deux pointes éloignées l'une de l'autre de 15^{mm}, et plaçant à 30^{mm} de distance une lame de verre couverte, aussi également que possible, de craie pulvérisée (1). Après quelques décharges égales, la poussière est distribuée en lignes à peu près circulaires, légèrement ondulées, et qui s'entrecroisent mutuellement.

» L'intervalle qui sépare deux lignes consécutives, très petit dans le voisinage de la projection de l'étincelle, augmente jusqu'à une certaine distance et décroît ensuite. Il est indépendant de la nature de la poudre, de celle du plan sur lequel elle est répandue, de celle du gaz environnant. Il varie avec la distance de la poussière à l'étincelle, avec l'écartement et la forme des corps entre lesquels s'effectue la réunion des deux électricités, avec la quantité et la tension de celles-ci, avec la force élastique du gaz dans lequel s'opère la décharge.

» On reproduit des apparences semblables en répandant la poussière sur un plan, et faisant détoner sur celui-ci des bulles d'un mélange d'oxigène et d'hydrogène, formées avec de l'eau de savon. La cause de ces phénomènes doit donc être attribuée à un mouvement déterminé dans l'air par le passage de l'électricité : ce mouvement est modifié par la résistance du plan sur lequel la poussière est répandue. »

---

(1) Les lignes formées par la poudre peuvent être conservées en employant du tournesol répandu sur du carton, en humectant celui-ci par-dessous, lorsque les lignes sont formées, avec de l'eau légèrement gommée. Je joins au Mémoire plusieurs feuilles de carton avec les lignes ainsi conservées : elles donneront une idée du phénomène plus fidèle et plus exacte que les dessins que j'aurais pu faire.

M. Babinet transmet, de la part de M. Boutigny, pharmacien à Évreux, un Mémoire ayant pour titre :

Propositions physico-chimiques sur la caléfaction et l'état sphéroïdal des corps.

L'auteur a déjà obtenu un rapport favorable devant l'Académie des Sciences (M. Robiquet, rapporteur).

M. Boutigny admet quatre états des corps : l'état solide, l'état liquide, l'état gazeux et l'état sphéroïdal. De l'eau projetée et soutenue sans contact au fond d'un creuset incandescent est à l'état sphéroïdal. Tous les corps qui peuvent passer à l'état de vapeur sans se décomposer, sont susceptibles de prendre l'état sphéroïdal.

Les corps *caléfiés* restent constamment à une température inférieure à celle de leur ébullition, quelle que soit la température du vase qui les contient. L'eau alors a une température de 95° cent. La vapeur des corps caléfiés, au contraire, est à la même température que les vases qui contiennent le corps.

(Renvoi à la Commission précédemment nommée.)

M. *Babinet* remplira dans cette Commission la place vacante par suite de la mort de M. Robiquet.

M. Lefebvre adresse une Note sur les produits de l'*agriculture* dans l'Abyssinie (M. Boussingault en rendra compte); une seconde Note sur les vents de la *mer Rouge,* la température des eaux de cette mer et la manière d'y naviguer. (MM. Beautemps-Beaupré et Freycinet l'examineront.)

M. Lefebvre présente aussi un *tableau d'observations météorologiques et magnétiques, faites en Égypte et en Abyssinie.*

On trouve dans ce tableau, des valeurs de l'inclinaison de l'aiguille aimantée qui descendent à 10° et même à 8°12' seulement. A l'aide de ces observations, il sera possible de déterminer des points de l'équateur magnétique, pour des régions où les données manquaient presque entièrement. M. Arago fera un rapport sur cette partie du travail de M. Lefebvre, dès qu'il aura pu s'assurer, en parcourant les déterminations partielles, de l'exactitude sur laquelle on pourra compter.

M. Lefebvre transmet en outre, au nom de M. le docteur **Petit**, naturaliste-voyageur du Muséum d'Histoire naturelle, une Notice sur l'*organisation des hôpitaux* et du service de santé de l'armée égyptienne en *Arabie*, et une description, avec figure, d'un Calao propre à l'Abyssinie, l'*Abba goumba*.

M. **de Tristan** adresse un Mémoire ayant pour titre : *Études phytologiques ;* première partie. — *De la nature des tissus végétaux*.

(Commissaires, MM. Richard, Gaudichaud.)

M. **Coulier** présente des recherches concernant l'*attraction locale exercée sur l'aiguille des boussoles par les fers environnants*.

(Commissaires, MM. Biot, Becquerel, Pouillet.)

M. **Prudhomme** soumet au jugement de l'Académie un ouvrage manuscrit, portant pour titre : *Guide des taillandiers et forgerons*.

(Commissaires, MM. Gambey, Piobert, Séguier.)

M. **Foret** adresse la description d'un petit appareil qu'il croit propre à faciliter *l'exécution des portraits par les procédés photographiques*, et qui dispenserait de la condition d'une immobilité complète pour la tête dont les mouvements, grâce au nouvel appareil, seraient rendus solidaires avec ceux de la chambre noire.

M. *Séguier* est prié de prendre connaissance de cette Note.

CORRESPONDANCE.

M. le capitaine **Parry**, nommé récemment correspondant pour la section de Géographie et de Navigation, adresse ses remercîments à l'Académie.

M. **Corridi** transmet, au nom de S. A. le grand-duc de Toscane, les *Actes de la première réunion de la Société scientifique italienne, tenue à Pise au mois d'octobre* 1839. (Voir au *Bulletin bibliographique*.)

M. **d'Arcet** adresse des documents imprimés dont il résulte que la dépression au-dessous du niveau de la mer, de plusieurs des étangs situés près

de l'embouchure du Rhône, avait été reconnue antérieurement à la présentation du Mémoire de M. *Vallès* sur ces différences de niveau.

Ces pièces seront transmises à la Commission chargée de l'examen du Mémoire de M. Vallès.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Recherches sur la température des sources de la Marne, de la Seine et de la Meuse, et sur leur gisement; par* M. H. WALFERDIN.

« La détermination exacte de la température des sources, de celle des puits profonds, et, dans les pays où ces données manquent, des réservoirs souterrains où l'on recueille les eaux pluviales, peut fournir sur l'état thermométrique de la terre, aux profondeurs où ces eaux séjournent, et sur leurs rapports avec la température moyenne, des indications utiles pour la physique du globe.

» Mais il faut, entre autres considérations essentielles, que ces observations soient faites dans des circonstances qui mettent à l'abri des causes perturbatrices qui sont de nature à en modifier les résultats;

» Que l'on connaisse les trois coordonnées de latitude, de longitude et d'altitude des lieux où l'on observe;

» Que l'on détermine, autant que possible, l'horizon géognostique d'où les eaux viennent, et celui par où elles arrivent à la surface;

» Enfin que les déterminations de température soient aussi précises que le comporte l'état actuel de la science, et que les expériences soient faites avec des instruments thermométriques à très grande marche.

» Desirant comparer entre elles les températures des sources de la Marne et de la Seine, et celle de la source de la Meuse, qui sourdent de la terre depuis la partie la plus élevée du keuper à la partie supérieure de l'oolite, aux deux extrémités de la chaîne de montagnes que Buffon désignait sous le nom de *plateau de Langres*, j'en ai fait l'observation, entre huit et neuf heures du matin, dans un intervalle compris entre le 10 et le 23 octobre de l'année dernière.

» Voici le résultat de ces observations (1):

---

(1) Je me suis servi, pour ces observations, de l'un de mes thermomètres *métastatiques* à mercure, et à échelle arbitraire, pour lesquels un degré centésimal occupe sur la tige un espace de près d'un décimètre. Divisé au millimètre seulement, que l'on subdivise facilement à l'œil en 10 parties, il permet de lire ainsi la 1000e partie d'un degré centigrade. Je puis donc donner les observations de température

DATE DE L'OBSERVATION.	LATITUDE.	LONGITUDE.	HAUTEUR au-dessus du niveau de la mer.	TEMPÉRAT. observée.	TEMPÉR. ambiante.
	Source de la Meuse (Malroy), plateau de *Pouilly*.				
				d. centig.	d. c.
10 octob. 1837. Entre 8 et 9h matin..	47°58'35"	3°17'17" E.	379m	+ 10,950	+ 14,5
	Source de la Marne, dite *la Marnotte*.				
18 *id.* Entre 8 et 9h matin..	47°51'53"	2°59'55"	381m	+ 9,669	+ 11,50
	Source de la Seine (d'Huis de Seine), près d'*Évergereaux*.				
23 *id.* Entre 8 et 9h matin..	47°28'11"	2°13'57"	471m	+ 9,182	+ 3,5

» Mais il reste à considérer dans quelles circonstances géologiques et locales se présente chacune de ces sources.

Source de la Marne.

» La source de la Marne, dite *la Marnotte*, située au S. et à 5000m de Langres, sort du calcaire à entroques et à polypiers, qui forme la partie inférieure de l'oolite, et que l'on voit, dans la plaine, reposer immédiatement sur le lias et ses marnes.

» Le calcaire à entroques présente là cette particularité remarquable, que certaines parties sont transversées par de larges crevasses naturelles, soit circulaires, soit de toute autre forme, percées à jour, qui se voient à la surface du sol, et qui, si on les suppose recouvertes, donnent une des explications les plus plausibles sur la formation des cavernes à ossements que l'on observe à peu de distance de là.

» La source s'échappe du versant oriental de la côte qui s'étend dans la direction du sud, et coule dans la plaine, où elle fait mouvoir une usine à

des sources comme précises à un millième de degré près; mais il n'en est pas de même de la notation des températures ambiantes que, par les motifs qu'apprécieront ceux qui savent de combien de difficultés cette expérience, si simple en apparence, est entourée, je ne regarde pas comme exacte à plus de deux ou trois degrés près.

400 mètres de son point de départ. Recouverte par un petit dôme, elle n'est point immédiatement en contact avec l'atmosphère.

» Sur le versant opposé de la même côte, et à peu près au même niveau, on trouve la source dite *Blanche-fontaine*, dont la température était, le même jour, à dix heures, de.............................. 9°,602.

» Enfin, sur le prolongement de ce versant, la source qui coule au bas de la ville de Langres m'a indiqué, quelques heures après... 9°,487.

» Langres possède aussi quelques puits dont la profondeur moyenne est de 29^{m}, où l'on atteint un courant d'eau de 1^{m} environ qui ne tarit jamais et coule de l'est à l'ouest; la température en est de............. 9°,478.

» Enfin, il m'a paru utile de rapprocher de cette dernière observation celle de la température des réservoirs d'eau pluviale que l'on trouve communément dans le pays; celle d'une citerne de 4^{m} de profondeur et de 2^{m},75 d'eau, était, à la même époque, de........................ 12°,315.

Source de la Seine.

» C'est près de la ferme d'Évergereaux, dans un vallon formé de deux coteaux boisés, et désigné sous le nom de *Huis de Seine*, que coulent trois sources qui forment le ruisseau de Seine à son origine. La principale de ces sources, qui ne tarit en aucune saison, m'a donné........ 9°,182.

» Elle jaillit sous les décombres de l'abbaye de Saint-Seine, et n'est par conséquent point soumise immédiatement à l'influence de l'atmosphère.

» Les coteaux d'où sortent ces sources appartiennent l'un et l'autre à la partie supérieure de l'oolite.

» Le ruisseau qui en est formé, après avoir fait marcher une usine à 350 mètres de distance, tarit pendant les sécheresses et ne reparaît plus qu'à 4000 mètres de la source.

Source de la Meuse.

» La source de la Meuse ne s'échappe point, comme celles de la Marne et de la Seine, d'un versant ou de coteaux rapprochés; elle sort du plateau de Pouilly, près de Malroy.

» Le petit bassin d'où on la voit jaillir a environ 1 mètre d'ouverture sur 50 centimètres de profondeur, et pousse, du fond, un jet continu, ne tarissant jamais et dont la température était de.................. 10°,950

» La surface de cette source se trouve ainsi à ciel ouvert, et la température peut par conséquent en être directement modifiée par les influences extérieures.

» Elle s'échappe du point de contact du calcaire à gryphées, qui forme la partie inférieure du lias, avec le grès désigné sous le nom de quadersanstein, et repose vraisemblablement sur les marnes du keuper qui prennent, dans la direction de l'est, vers les hauteurs qui dominent Bourbonne-les-Bains, un grand développement.

» Si l'on compare le résultat de ces trois observations, faites à une distance de 9 myriamètres et à des époques très rapprochées, on trouve que la source de la Seine, quoique sous une latitude moins élevée de 0°23′42″ que la source de la Marne, a, pour une différence d'altitude de 90 mètres, présenté une différence en température de ½ degré centigrade en moins, et que les deux sources s'échappent de versants et de coteaux de formations calcaires comprises entre les limites inférieures et les limites supérieures de l'oolite.

» Quant à la source de la Meuse, dont le réservoir repose vraisemblablement sur les marnes du keuper, et dont la latitude et la hauteur au-dessus du niveau de la mer sont à peu près égales à celles de la source de la Marne, j'ai trouvé, relativement à celle-ci, une différence de plus de 1° centigrade.

» On se rend raison de cette dernière différence, si l'on considère surtout que la source de la Meuse ne jaillit point d'un versant comme celle de la Marne, mais qu'elle sourd d'un plateau assez étendu, et que son jet est directement en contact avec l'atmosphère, dont la température était sensiblement plus élevée au moment de l'observation. »

CHIRURGIE. — *Résultats de la pratique de* M. PHILLIPS *dans le traitement du strabisme par la section musculaire;* communiqués par l'auteur dans une lettre écrite de Saint-Pétersbourg, en date du 9 juillet.

« Dans un nombre de quatre-vingts strabismes, j'ai opéré :

» Trente-quatre strabismes convergents de l'œil droit; vingt-trois strabismes convergents de l'œil gauche; onze convergents des deux yeux; quatre déviations de l'œil par la contraction du muscle grand oblique; trois strabismes congénitaux; deux strabismes divergents; deux supérieurs et un inférieur.

» De ceux qui louchaient de l'œil droit, dix-sept ont vu double avant l'opération, deux ont conservé la vue double trois semaines après l'opération; seize n'ont pas vu double avant, et deux qui ne voyaient pas double avant, ont vu double après l'opération. Deux ont présenté le phénomène remarquable de voir double avec un seul œil.

» Parmi ceux qui louchaient de l'œil gauche, deux ont vu double après l'opération, et deux n'ont pas recouvré l'usage de l'œil dévié.

» La vue double a toujours existé chez les individus dont la pupille de l'œil dévié était plus large que celle de l'œil sain.

» Quelque temps après l'opération, ordinairement après quinze à vingt jours, les pupilles qui se sont dilatées se contractent, et celles qui étaient fortement contractées se dilatent; alors la vue cesse d'être double.

» Une observation qui s'est toujours présentée de la même manière, c'est celle de la myopie, lorsque le muscle grand oblique était contracté. Cette myopie cessait, la vue devenait longue aussitôt après la division de ce muscle.

» N'est-on pas autorisé à penser que cette myopie est sous la dépendance de cette contraction musculaire? Après les guérisons obtenues par cette opération, après ce que nous connaissons de la manière d'agir du muscle sur le globe de l'œil, ne peut-on pas espérer pouvoir guérir la myopie, en coupant le tendon du muscle grand oblique?

» Après l'étude des opérations de strabismes, il ne peut plus exister de doute sur les mouvements déterminés par les contractions du grand oblique. Ce muscle dirige l'œil en haut et en dedans, et le petit oblique le conduit en bas et en dedans.

» Cette opinion est contraire à celle émise par Karl Bells, Valentin, Alex. Lauth, etc. Ce qui nous autorise à la poser, c'est que, toutes les fois que le globe de l'œil a été dirigé en haut et en dedans, j'ai coupé le tendon du grand oblique, et l'œil a été ramené dans sa position normale. Lorsque les deux muscles obliques se contractent ensemble, ils retiennent l'œil en avant, lorsque les quatre muscles droits se contractent. Sans cette puissance des obliques, le globe de l'œil serait attiré en arrière par les quatre droits, qui, en se contractant ensemble, jouent le rôle du muscle particulier, si puissant chez les chevaux.

» Dans les strabismes divergents, lorsque l'on a coupé le muscle droit externe, le globe de l'œil est porté en dedans; en d'autres termes, en voulant guérir le strabisme externe, on produit un strabisme interne. Il faut alors faire une seconde opération pour ramener l'œil dans sa position naturelle. Ce mouvement est produit par le muscle droit et par les deux muscles obliques. Ce grand déplacement, d'un angle à l'autre des paupières, n'a pas lieu lorsque l'on coupe le muscle droit interne, parce que les deux obliques retiennent le globe de l'œil dans le centre de l'ouverture palpébrale. »

CHIRURGIE. — *Sur la section des muscles de l'œil pour la guérison du strabisme.* — Lettre de M. **J. Guérin**.

« Je demande à l'Académie la permission de lui présenter, en réponse aux objections que M. Roux a faites dans la dernière séance, concernant mes idées sur le strabisme, les deux remarques suivantes :

» 1°. S'il est vrai que l'on guérit certains cas de strabisme par la section des muscles de l'œil, ce résultat équivaut à une expérience qui prouverait directement que dans ces cas, la déviation du globe oculaire est le produit du raccourcissement du muscle divisé. Or, les nombreuses opérations pratiquées par M. Dieffenbach et plusieurs autres chirurgiens, et quelques-unes de celles que j'ai faites, ne me paraissent laisser aucun doute à cet égard.

» 2°. M. Roux reconnaît que l'un des deux sujets opérés par lui a été atteint d'une inflammation vive de l'œil, qui n'est pas encore entièrement guérie cinq semaines après l'opération. Nous croyons savoir d'ailleurs que l'opération a duré, dans les deux cas, plus de dix minutes. Or, par le procédé que j'ai proposé de substituer à celui de M. Dieffenbach, procédé que j'appelle *sous-conjonctival*, je n'ai vu dans aucun cas survenir d'inflammation suppurative, et la durée moyenne des opérations n'a été que de une à deux minutes. Ces résultats ne tendent-ils pas à prouver que mon procédé n'offre pas plus d'inconvénient et n'est pas d'une exécution plus longue et plus difficile que le procédé employé par M. Roux. Je serai heureux de mettre ce célèbre chirurgien à même de constater l'exactitude de mes assertions. »

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — Sur la demande d'un membre, il est donné lecture d'une longue réclamation de M. **Renaud de Vilback**, au sujet d'un rapport relatif aux voitures articulées de M. Arnoux, rapport dont les conclusions ont été adoptées par l'Académie dans la dernière séance.

M. de Vilback réclame l'idée de l'indépendance des roues et de la convergence des essieux, l'emploi de galets directeurs; il se plaint qu'on n'ait pas rendu compte d'un moyen de son invention supérieur, suivant lui, à ceux dont M. Arnoux fait usage. M. Vilback déclare que « ses expériences » étaient suffisantes pour obtenir un rapport. » Ce rapport, M. de Vilback le demande avec d'autant plus d'instance, que *la Commission* n'a pas cru

devoir l'admettre au concours du prix de mécanique, et que ce prix a été accordé à son *heureux concurrent*.

M. **Arago** relève d'abord une confusion dans laquelle est tombé M. de Vilback. La Commission sur le rapport de laquelle le prix de mécanique de la fondation Montyon a été accordé à M. Arnoux, est différente et de celle qui vient de rendre compte des expériences de Saint-Mandé, et de la Commission qui devait examiner le bout de chemin de Charenton. Les questions de priorité ont été à peine effleurées dans le rapport dont M. de Vilback se plaint, afin de laisser aux tribunaux leur pleine et entière action. Mais on s'est trompé en supposant que les Commissaires s'étaient abstenus d'examiner ce point délicat. Ils avaient parfaitement reconnu, par exemple, que le galet directeur dont parle M. de Vilback ne peut en aucune manière être assimilé aux galets de la première voiture de M. Arnoux. Quant au principe de l'indépendance des roues, et de la convergence des essieux, on le trouve déjà dans Edgeworth; Sidney Smith l'avait d'ailleurs mis en pratique sur une voiture que tout le monde a pu voir. Ce que la Commission a cru devoir particulièrement approuver dans le système de M. Arnoux, c'est le moyen d'opérer la convergence, soit des premiers, soit des seconds essieux de chaque voiture, sans secousses, sans à-coups ; ce sont les *galets de la locomotive;* c'est un ensemble de dispositions à l'aide duquel (l'expérience a prononcé), le frottement n'est pas plus fort dans les courbes que sur les parties droites des rails. M. Arago (il est le seul des Commissaires de l'Académie qui ait vu fonctionner des waggons sur le bout de chemin de Charenton), déclare, contrairement à l'opinion de M. de Vilback, non-seulement que « les » expériences n'étaient pas suffisantes pour obtenir un rapport », mais encore qu'il y aurait eu impossibilité de faire des essais concluants dans une pareille localité, et avec des rails si courts.

La lettre de M. de Vilback est renvoyée à l'examen de l'ancienne Commission.

M. **Cahours** communique de nouveaux résultats auxquels il est arrivé dans ses recherches sur l'huile de *pommes de terre*.

M. **de Paravey** écrit relativement à des monuments existants dans le Yucatan, et qui lui paraissent offrir la preuve évidente d'une *communication ancienne entre l'ancien et le nouveau continent*, communication qui aurait eu pour résultat d'introduire en Amérique la religion boudhique et les connaissances astronomiques des Hindous.

M. **Payen** adresse, sous enveloppe cachetée, les résultats de ses observations sur divers points relatifs au développement des végétaux.

L'Académie en accepte le dépôt, ainsi que de deux paquets cachetés, adressés par M. **Beau**.

A quatre heures et demie l'Académie se forme en comité secret.

La séance est levée à cinq heures et un quart. A.

Errata. (Séance du 20 juillet.)

Page 123, ligne 23, *ajoutez :*

M. Biot présente, de la part de M. Talbot, plusieurs dessins photographiques sur papier.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

L'Académie a reçu dans cette séance les ouvrages dont voici les titres :

Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des Sciences; 2ᵉ semestre 1840, n° 3, in-4°.

Mémorial de l'officier du Génie; n° 13, in-8°.

Mémoire sur la stabilité des Revêtements et de leurs fondations; par M. PONCELET. (Extrait du *Mémorial de l'officier du Génie*, n° 13.) In-8°.

Essai sur la composition des Machines; par LANZ et BÉTANCOURT; 3ᵉ édition, 1840, un vol. in-4° et un atlas de 13 grandes planches.

Société anatomique; 15ᵉ année, juin 1840, in-8°.

Annales des Mines; 3ᵉ série, tome 17, 1ʳᵉ et 2ᵐᵉ liv. de 1840, in-8°.

Histoire naturelle des îles Canaries; par MM. WEBB et BERTHELOT; livr. 49—51, in-4°.

Notice sur une Hépatique regardée comme l'individu mâle du Marchantia conica; *par* M. MÉRAT; in-8°.

Nouveau procédé d'Amputation médio-tarsienne; par M. SÉDILLOT; brochure in-8°.

Notice sur les Plantes cryptogames à ajouter à la Flore française; par M. C. MONTAGNE; Paris, in-8°.

Notions élémentaires de Statistique; par M. D'OMALIUS D'HALLOY; in-8°.

Lettre à M. le docteur Lefébure, secrétaire général du Comité central de vaccine du département du Nord, sur la vaccine adressée par M. DOURLEN; in-8°.

Bulletin général de Thérapeutique médicale et chirurgicale; 15—30 juillet 1840, in-8°.

Description des Échinodermes fossiles de la Suisse; par M. AGASSIZ; 2ᵉ partie, *Cidarides*; Neufchâtel; in-4°.

Treatise upon... *Traité sur une méthode nouvelle, prompte et sûre de traiter les Affections cérébro-sensoriales, particulièrement l'Amaurose et la Cataracte; guérison de la Cataracte sans opération; par* M. L.-F. GONDRET; Londres, in-12.

Die Bewegung.... *Sur les mouvements du Cristallin; par* M. A. HUECK, professeur à l'Université de Dorpat; 1839, in-4°.

Die Achsendrehung.... *Sur la rotation de l'OEil; par* le même; Dorpat, 1838, in-4°.

Atti della.... *Actes de la première réunion des Savants italiens, tenue à Pise, en octobre* 1839; Pise, 1840, in-4°.

Gazette médicale de Paris; n° 30, in-4°.

Gazette des Hôpitaux, n° 86—88, in-fol.

L'Esculape, journal des Spécialités; n° 41.

Gazette des Médecins praticiens; n°s 58 et 59.

L'Expérience, journal; n° 16.

Gazette médicale de Marseille; n° 1.

Programme des Questions mises au concours par l'Académie royale de Metz, pour 1841; ¼ de feuille in-8°.

COMPTE RENDU

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 3 AOUT 1840.

PRÉSIDENCE DE M. PONCELET.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Méthodes générales pour la détermination des mouvements des planètes et de leurs satellites; par* M. AUG. CAUCHY.

« La détermination des mouvements des planètes et de leurs satellites est, comme l'on sait, un grand problème que l'on parvient à résoudre, plus ou moins rigoureusement, à l'aide d'approximations successives. La première approximation, celle qui réduit chaque orbite à une ellipse, peut s'effectuer assez simplement à l'aide des méthodes connues. Parmi ces méthodes, l'une des plus remarquables est, sans contredit, celle qui se trouve exposée dans le deuxième chapitre du second livre de la *Mécanique céleste*, et qui ramène l'intégration des équations différentielles du mouvement elliptique à l'intégration d'une seule équation linéaire aux dérivées partielles. On peut voir, dans le chapitre cité, avec quelle facilité cette équation aux dérivées partielles fournit les équations finies du mouvement elliptique; et l'on a ainsi, dans l'Astronomie, un premier exemple des avantages que présente la considération de l'équation linéaire que je

nomme *caractéristique*, c'est-à-dire la considération d'une seule équation aux dérivées partielles substituée à un système donné d'équations différentielles. Les équations finies du mouvement elliptique étant connues, on en déduit, par la formule de Lagrange, les valeurs de l'anomalie et du rayon vecteur développées en séries dont tous les termes, si l'on excepte le premier dans le développement de l'anomalie, sont périodiques, et renferment le temps t sous les signes sinus et cosinus. Les règles de la convergence de ces séries, et les limites des erreurs que l'on commet lorsqu'on néglige les termes dont l'ordre surpasse un nombre donné, se déduisent immédiatement de la théorie générale que j'ai présentée dans un Mémoire de 1831, et dans plusieurs articles que renferment les *Comptes rendus* des séances de l'Académie.

» La théorie du mouvement elliptique étant établie, comme on vient de le dire, il reste à examiner comment on passera de cette théorie à celle des mouvements troublés par les actions réciproques des planètes et de leurs satellites. Alors se présentent à résoudre deux problèmes importants d'analyse, dont M. Laplace s'est occupé dans le cinquième chapitre du second livre de la *Mécanique céleste*, et dont je vais rappeler l'objet en peu de mots.

» Le premier problème est l'intégration complète d'un système d'équations différentielles, lorsqu'on suppose connues les intégrales approchées relatives au cas où l'on néglige certains termes. M. Laplace applique à la solution de ce problème deux méthodes distinctes, savoir : 1° la méthode des facteurs, qui ne réussit que dans le cas où les équations données sont linéaires, et reproduit alors les résultats obtenus par Lagrange; 2° la méthode des approximations successives, dont l'idée première pourrait être attribuée à Newton. L'application directe de cette dernière méthode à un système d'équations différentielles ne donne leurs intégrales complètes que dans des cas particuliers, par exemple, dans celui qu'indique M. Laplace, et où la suppression des termes, que l'on néglige d'abord, transforme ces équations différentielles en équations linéaires à coefficients constants. Mais fort heureusement l'application de la même méthode à l'équation caractéristique résoudra le problème dans tous les cas; alors le théorème très simple, que j'ai donné dans une précédente séance, fournira toujours immédiatement l'intégrale en série de cette équation caractéristique, et par conséquent les intégrales générales des équations différentielles données. Ainsi la considération de l'équation caractéristique, correspondante à un système d'équations différentielles, fournit, non-seu-

lement, d'élégantes méthodes d'intégration, lorsque les intégrales rigoureuses peuvent s'obtenir en termes finis, mais encore le développement des intégrales complètes en séries régulières, lorsqu'on ne peut obtenir en termes finis que des intégrales approchées. J'ajouterai que les développements ainsi trouvés se présentent sous une forme telle qu'il devient facile d'y effectuer ce qu'on appelle un changement des variables indépendantes, dans le cas surtout où les premières valeurs approchées des variables principales deviennent constantes. Ce cas se présente dans l'astronomie, quand aux équations différentielles du second ordre qui déterminent les coordonnées des planètes et des satellites, on substitue les équations différentielles du premier ordre qui déterminent les éléments elliptiques des orbites considérés comme variables avec le temps.

» Au reste, au théorème général que je rappelais tout-à-l'heure, et auquel les géomètres ont bien voulu faire un accueil si favorable, je vais joindre, dans ce Mémoire, d'autres propositions plus importantes, ce me semble, qui me paraissent devoir plus particulièrement intéresser les astronomes, et contribuer aux progrès de la Mécanique céleste. Entrons à ce sujet dans quelques détails.

» Les équations différentielles qui déterminent les variations des éléments elliptiques, renferment avec ces éléments et leurs dérivées du premier ordre relatives au temps t, les dérivées partielles d'une certaine fonction désignée par R dans la *Mécanique céleste;* et quand on se propose d'intégrer par séries ces équations différentielles, il est utile de commencer par développer la fonction R en une série périodique dont chaque terme soit ou constant ou proportionnel au sinus ou au cosinus d'un arc représenté par une fonction linéaire du temps. Effectivement, on peut substituer à R un développement de cette forme qui représentera R au bout d'un temps quelconque. La fonction R étant développée comme on vient de le dire, les intégrations simples ou multiples, et relatives au temps, qui se trouvent successivement amenées par la seconde approximation et par les suivantes, produiront, dans les équations intégrales, le temps t hors des signes sinus et cosinus. On ne doit pas, pour cette raison, rejeter absolument les intégrales dont il s'agit, ni s'imaginer qu'au bout d'un temps considérable elles cessent de fournir le développement des inconnues en séries convergentes; car la même circonstance se présente déjà dans l'intégration d'une seule équation linéaire à coefficients constants, et alors le développement de la variable principale offre une série ordonnée, il est vrai, suivant les puissances ascendantes de t, mais néanmoins toujours convergente, puisque

cette série a pour somme une exponentielle népérienne dont l'exposant est proportionnel au temps. Toutefois, il est juste d'observer que des séries de cette espèce, sans cesser même d'être convergentes, peuvent, au bout d'un temps considérable, se prêter difficilement au calcul, attendu que les termes proportionnels au temps ou à ses puissances finissent par croître très rapidement, et que le nombre des termes dont on doit tenir compte, pour que l'erreur commise soit insensible, devient alors de plus en plus considérable. Pour remédier à cet inconvénient, on a cherché à faire disparaître dans les développements obtenus les termes non périodiques. Euler, Clairaut, d'Alembert et Lagrange ont imaginé, dans ce but, divers artifices de calcul applicables à des cas plus ou moins étendus; et dans le chapitre déjà cité, l'auteur de la *Mécanique céleste* fait sentir combien il importe d'avoir pour cet objet une méthode simple et générale. Lui-même en propose une qui lui semble offrir ce double caractère. Mais elle repose sur un principe qui paraît sujet à de graves objections (1).

» Quelques méditations approfondies sur ce sujet délicat m'ont conduit à découvrir un autre principe, qui peut sans difficulté servir de base à l'élimination des termes non périodiques et à la théorie des inégalités séculaires des mouvements des planètes. Il repose sur une propriété remarquable et très générale des séries qui représentent les intégrales d'un système d'équations différentielles. Disons ici quelques mots de cette propriété.

» Supposons que l'on soit parvenu à intégrer un système d'équations différentielles, en négligeant certains termes, et qu'après avoir ainsi trouvé des intégrales approchées, on veuille déduire de celles-ci les intégrales rigoureuses, à l'aide des méthodes précédemment exposées. Il suffira de développer en série par ces méthodes l'intégrale générale de l'équation caractéristique. Les divers termes du développement que l'on obtiendra pourront être calculés successivement, et le calcul de chaque nouveau terme exigera une intégration nouvelle relative au temps t. Or, ce qu'il importe de remarquer, c'est que chaque intégration nouvelle étant indépendante de celles qui la précèdent pourra être effectuée à partir d'une limite entièrement arbitraire. On peut donc ainsi introduire dans l'inté-

---

(1) Voir les Remarques faites à ce sujet, par Lagrange, dans les *Mémoires de Berlin* pour l'année 1783, page 227.

grale générale de l'équation caractéristique, et par conséquent dans les intégrales générales des équations différentielles, une infinité de constantes arbitraires. Mais comme cette introduction ne saurait changer la nature même de ces intégrales, il est nécessaire que l'effet qui en résulte puisse également résulter d'un changement opéré dans les valeurs des constantes arbitraires que les intégrales renferment, quand on effectue chaque intégration relative à t, à partir d'une limite non arbitraire, par exemple, à partir de $t=0$. Cette propriété des intégrales développées en séries ne saurait être révoquée en doute, et se vérifie aisément, dans divers cas particuliers, c'est-à-dire pour certaines formes particulières des équations différentielles.

» A l'aide de cette propriété, l'on reconnaît sans peine que, dans un grand nombre de cas, surtout dans celui où les premières valeurs approchées des variables principales se réduisent à des constantes, et où les seconds membres des équations différentielles données sont des séries de termes proportionnels à des sinus ou cosinus d'angles représentés par des fonctions linéaires de t, le temps t, introduit par les intégrations successives hors des signes sinus et cosinus, peut être, dans les intégrales générales, diminué d'une constante arbitraire θ. Seulement, en admettant cette nouvelle constante, on doit modifier les autres qui changeront de valeur avec elle. C'est ainsi que l'une des conséquences déduites par M. Laplace du principe dont nous avons parlé, se trouve directement et rigoureusement établie. D'ailleurs, les variables étant considérées comme fonctions du temps, et les constantes arbitraires comme fonctions de θ, les équations intégrales et leurs dérivées devront subsister, quelles que soient les valeurs attribuées à θ et à t. Elles devront donc subsister, dans le cas même où l'on établirait entre θ et t une relation quelconque, par exemple, dans le cas où l'on supposerait $t=\theta$. De cette seule considération je conclus immédiatement que l'on peut, dans les équations intégrales, supprimer tous les termes qui renferment le temps t hors des signes sinus et cosinus, pourvu que l'on regarde les constantes arbitraires comme des fonctions du temps, et je déduis sans peine les équations différentielles qui déterminent ces dernières fonctions, en abandonnant ici de nouveau la marche suivie par l'auteur de la *Mécanique céleste* qui, pour la seconde fois, a recours au principe dont nous avons parlé ci-dessus, et parvient de cette manière à des équations dont l'exactitude n'est peut-être pas suffisamment démontrée.

» Dans un prochain Mémoire, j'aurai l'honneur d'offrir à l'Académie le

développement des principes généraux que je viens d'établir, et leur application au calcul des inégalités séculaires des mouvements des planètes. Par ce moyen on pourra juger de l'utilité toute spéciale de ce nouveau travail dans les recherches astronomiques. Je ferai tous mes efforts pour le rendre digne de l'intérêt accordé par mes illustres confrères à mes précédents mémoires sur la Mécanique céleste. La marque si éclatante que plusieurs d'entre eux m'en ont donnée, il y a quelques mois, était l'encouragement le plus flatteur que je pusse recevoir après trente-quatre années de travaux assidus dans une carrière où l'illustre Lagrange avait bien voulu guider mes premiers pas. Je saisis avec plaisir cette occasion de leur exprimer ici ma reconnaissance pour ce témoignage de considération auquel j'attache d'autant plus de prix, que je l'avais moins recherché, et me tenais plus à l'écart, pour me livrer, dans le silence du cabinet, à mes études favorites. Jusqu'à ce jour ceux qui avaient reçu ce témoignage se regardaient comme ayant, pour cette raison même, un devoir impérieux à remplir. Lorsqu'ils croyaient avoir fait quelque découverte utile à l'astronomie, ils s'empressaient de communiquer leur Mémoire à la réunion des savants spécialement chargés de favoriser les progrès de la Mécanique céleste, et de le leur offrir pour être inséré dans la *Connaissance des Temps*. Si je me borne pour le moment à communiquer mon travail à l'Académie, mes honorables confrères ne m'en feront point un reproche. La fidélité avec laquelle j'ai toujours cherché à remplir mes devoirs, leur répond assez de l'empressement que je mettrais à m'acquitter encore de celui que je viens de rappeler, si tout le monde était parfaitement convaincu qu'il ne peut y avoir nul inconvénient à ces communications scientifiques. Mais je dois attendre que cette conviction soit formée dans tous les esprits. La seule chose qui soit en mon pouvoir, c'est de redoubler de zèle pour répondre à l'indulgence avec laquelle les amis des sciences ont accueilli mes ouvrages, et prouver, s'il est possible, que le titre de géomètre n'était pas tout-à-fait en désaccord avec les occupations habituelles du vieux professeur auquel, dans la précédente année, les maîtres de la science avaient bien voulu le conférer. »

CHIRURGIE. — *De l'efficacité du moxa dans certaines névroses et affections paralytiques graves, et des inconvénients du galvanisme dans les mêmes maladies; par* M. LARREY. (Extrait.)

« Cette Notice est accompagnée d'une série d'observations qui appuient l'opinion de l'auteur et confirment les principes qui y sont établis.

» Le sujet de la première est un invalide amputé du bras droit, lequel avait été frappé d'une hémiplégie complète de tout le côté gauche, ce qui avait mis ce vétéran dans la situation la plus fâcheuse.

» L'application successive d'une douzaine de moxas, suivie d'une médication appropriée, a complétement rétabli les mouvements et la sensibilité dans les deux membres paralysés. Les propriétés tactiles ont été les dernières à se reproduire; en effet, cet invalide faisait exécuter à ses doigts tous les mouvements dont ils sont susceptibles dans l'état normal, mais il ne pouvait apprécier aucune des propriétés physiques des corps que ces appendices saisissaient: ainsi il ne distinguait point un corps cubique d'un corps rond, une balle de plomb d'une boule de bois, un corps froid d'un corps chaud, etc.

» Le sujet de la deuxième observation, autre invalide, était atteint d'une surdité opiniâtre portée à un tel degré, qu'il n'entendait point le son des cloches ni le bruit des tambours qui battaient à ses côtés, et il ne communiquait avec ses compagnons que par signes ou par écrit. On avait vainement employé beaucoup de moyens et surtout le galvanisme.

» Un égal nombre de moxas, précédés de l'application des ventouses scarifiées, posés successivement sur le trajet des nerfs qui sont le plus en rapport avec ceux de l'organe de l'ouïe, a complétement rétabli ce sens chez cet invalide; cependant, bien que cette cure date de 3 ou 4 ans, les traits de la face ne paraissent pas être encore tout-à-fait en harmonie avec les fonctions auditives.

» Ces deux invalides ont été présentés à l'Académie.

» Le sujet de la troisième était un jeune étudiant en droit, parent de l'un de nos célèbres confrères, atteint d'une hémiplégie complète du côté droit, avec perte totale de la parole et altération de l'organe de l'ouïe. Cette paralysie, qui avait résisté à l'emploi de beaucoup de moyens mis en usage par plusieurs médecins, fut victorieusement combattue par l'application répétée du moxa et une médication appropriée à la nature de la cause prédisposante de cette maladie. En peu de temps toutes les fonctions furent entièrement rétablies chez ce jeune homme, qui fut même en état de reprendre ses études et de les continuer sans obstacle pendant plus d'une année; mais à la fin de cette période il fut saisi tout-à-coup, et sans que j'en aie eu connaissance, d'une pneumonie aiguë à laquelle il a succombé en très peu de jours.

» Le sujet de la quatrième observation est un fonctionnaire supérieur d'un âge un peu avancé (M. le comte de R***), frappé d'une hémiplégie faciale du

côté droit et d'une faiblesse notable dans les puissances motrices des deux membres correspondants. Chez ce malade la paralysie était récente, et l'application successive de 8 ou 9 moxas, précédée d'une médication appropriée à son état pléthorique, a suffi pour rétablir complétement l'équilibre dans toutes les fonctions.

» Le sujet de la cinquième observation est un marchand de vin affecté d'un tic douloureux ou névralgie faciale chronique portée au plus haut degré d'intensité, contre laquelle un grand nombre de moyens usités, et surtout l'électricité galvanique, avaient été inutilement mis en usage pendant un laps de temps considérable. Cependant l'application réitérée des ventouses mouchetées et du moxa a triomphé de ce mal opiniâtre, et la santé de ce malade a été rétablie.

» Enfin le sujet de la sixième et dernière observation, que M. Larrey a également présenté à l'Académie, est un jeune homme de 19 à 20 ans, atteint d'une *phthisie* pulmonaire, offrant tous les symptômes de cette maladie portée au troisième degré. Une médication rationnelle et un grand nombre de moxas (32) posés successivement sur le thorax, ont conduit ce jeune homme à une guérison si parfaite et sa santé a été si bien rétablie, qu'il a été reconnu, par le Conseil de révision du département de la Seine, apte à servir comme militaire. (Ce sujet a été examiné par mon célèbre confrère, le professeur Andral.) »

M. Larrey a annoncé devoir communiquer incessamment à l'Académie un autre Mémoire sur l'anévrisme du cœur.

M. Flourens fait hommage à l'Académie de son Éloge historique de feu M. *Frédéric Cuvier,* lu à la séance publique du 13 juillet 1840.

RAPPORTS.

HISTOIRE NATURELLE. — *Rapport sur les manuscrits de Météorologie et de Botanique, et sur les Collections d'Histoire naturelle faites dans l'Inde, par* M. Perrottet, naturaliste-voyageur du Ministère de la Marine.

(Commissaires, MM. Arago, Duméril, Savary, Richard rapporteur.)

« Dans une de ses précédentes séances, l'Académie a chargé une Commission composée de MM. Arago, Duméril, Savary et Richard, d'examiner les manuscrits de Météorologie et les collections d'Histoire naturelle faites

dans l'Inde par M. Perrottet. Avant de communiquer à l'Académie les résultats de l'examen auquel nous nous sommes livrés, qu'il nous soit permis de rappeler en peu de mots les services que M. Perrottet a déjà rendus aux sciences, et spécialement à la Botanique, dans les diverses missions qui lui ont été confiées.

» M. Perrottet, botaniste-voyageur du Gouvernement, attaché au Ministère de la Marine, a déjà parcouru ou habité plusieurs contrées lointaines, dont il nous a fait connaître les productions végétales. Ainsi, il a d'abord fait partie de l'expédition du capitaine Philibert, chargé en 1818 d'explorer les côtes de la Chine et les îles Philippines, et d'importer dans nos colonies de Bourbon et de la Guyane toutes les productions utiles qu'on pourrait y faire réussir. C'est au retour de cette expédition, et après avoir séjourné pendant près d'une année à Cayenne, que M. Perrottet enrichit nos colonies et nos serres chaudes de plusieurs arbres dont le nom seul rappellera l'importance; il nous suffira de nommer, entre autres, l'arbre à pain, dont il apportait trois variétés distinctes, le géroflier, le véritable cannellier de Ceylan, une nouvelle espèce d'*Illicium*, ou anis étoilé de la Chine, le poivrier-bétel, dont on fait un si fréquent usage dans tout le grand archipel des îles de la Sonde; le cacaoyer, le *Quassia amara*, et douze ou treize espèces de palmiers, qui paraissaient pour la première fois dans nos jardins d'Europe. Ceux qui savent combien de soins et d'attention exige la conservation des plantes vivantes à bord des navires, surtout pendant les longues traversées de l'Inde et de l'Amérique méridionale, apprécieront les services rendus à la Botanique par M. Perrottet, en apportant en Europe un aussi grand nombre de végétaux vivants.

» Un nombreux herbier des plantes recueillies pendant ses diverses stations, et surtout aux Philippines et à Cayenne, fut déposé par M. Perrottet au Muséum d'Histoire naturelle, et vint enrichir les collections botaniques de ce grand établissement.

» Peu de temps après, M. Perrottet fut envoyé à la Guadeloupe par M. le Ministre de la Marine, afin d'importer au Sénégal le nopal et la cochenille sylvestre. Cette mission eut un heureux résultat, et M. Perrottet fut alors nommé directeur des cultures du Gouvernement dans la colonie du Sénégal. Notre voyageur séjourna pendant cinq ans dans cette partie de l'Afrique; non-seulement il en dirigea avec intelligence le jardin d'acclimatation, dans lequel il introduisit un grand nombre de plantes nouvelles, et des essais de culture propres à augmenter l'importance de la colonie; mais il explora presque toutes les provinces de la Sénégambie,

dont il recueillit toutes les productions végétales. Ce sont ces plantes, jointes aux collections nombreuses faites par M. Leprieur, pharmacien de la marine, botaniste distingué et voyageur infatigable, qui forment les matériaux de la *Flore de Sénégambie,* à la rédaction de laquelle ont pris part MM. Perrottet, Guillemin et l'un de vos Commissaires, et dont dix livraisons ont été successivement publiées et présentées à l'Académie.

» En 1834, M. Perrottet reçut une nouvelle destination; il fut envoyé à Pondichéry, avec le titre de botaniste-agriculteur du Gouvernement. En deux années, le jardin botanique que la France possède dans cette colonie, prit une face nouvelle. Par ses soins, de nombreuses plantations de végétaux utiles y furent faites, et M. Perrottet apporta surtout son attention sur l'établissement séricicole que le Gouvernement y avait fondé.

» M. Perrottet desirait ardemment aller explorer le groupe des montagnes des *Nilgherries,* ou *Montagnes bleues,* qui n'avaient été jusque alors visitées que très imparfaitement sous le point de vue de l'Histoire naturelle. Il y séjourna pendant près de deux années, et c'est principalement dans cette partie de l'Inde qu'ont été faites les collections d'Histoire naturelle et qu'ont été rédigés les observations et les manuscrits sur lesquels M. Perrottet appelle aujourd'hui l'attention de l'Académie.

» Rappelé en 1838 par M. le Ministre de la Marine, avec une nouvelle mission pour Bourbon et les Antilles, M. Perrottet, avant de revenir en Europe, obtint de M. de Saint-Simon, gouverneur de nos établissements dans l'Inde, la permission d'aller visiter Bombay et Poonah. Le but de ce naturaliste était d'y étudier avec soin les meilleures méthodes employées dans ces contrées pour l'éducation des vers à soie, et tout ce qui a rapport à la production de ces précieux filaments, industrie qu'il était chargé d'introduire dans nos colonies. Pendant son séjour à Poonah, M. Perrottet recueillit les renseignements les plus précieux et les plus positifs sur la culture comparative des diverses espèces de mûriers, et sur les procédés les plus économiques et les plus avantageux pour l'éducation, si facile dans ces contrées, des vers à soie. En revenant à Pondichéry, M. Perrottet put déjà mettre à profit les connaissances pratiques qu'il venait d'acquérir, et donner à l'établissement séricicole une impulsion nouvelle, dont on doit attendre les plus heureux résultats. En quittant Pondichéry, M. Perrottet s'arrêta à Bourbon, et employa les quatre mois qu'il passa dans cette île à en visiter toutes les parties et à diriger les vues des habitants sur l'établissement de magnaneries qui, avant peu d'années, doivent faire la prospérité de cette colonie. Avec l'aide du gouverneur, il forma, à Saint-Pierre et à Salaze, des établissements destinés à servir de modèle, et où il mit en pra-

tique les procédés perfectionnés qu'il avait étudiés à Bombay et à Poonah. Pendant son séjour il a publié dans le Journal de la colonie plusieurs Mémoires sur la culture des mûriers, l'éducation des vers à soie appropriée à l'île de Bourbon, qui seront très profitables aux habitants de cette intéressante colonie. Ce sera donc aux lumières et au zèle de M. Perrottet qu'elle devra l'introduction d'une industrie nouvelle, propre à remplacer celle du café et surtout du sucre, qui, chaque jour, est menacée d'un abandon presque complet.

» Les collections botaniques que M. Perrottet a faites dans l'Inde, et que vous nous avez chargé de vous faire connaître, sont d'une haute importance pour la science. Elles consistent principalement en deux herbiers, l'un composé de plantes recueillies aux environs de Pondichéry, et l'autre, qui ne contient pas moins de 1500 espèces, renferme les plantes de la petite chaîne de montagnes connue sous le nom de Nilgherries.

» Il était difficile de choisir un point plus intéressant à explorer dans ces vastes contrées de l'Inde, si riches en productions naturelles, que ce petit groupe de montagnes des Nilgherries. Situées dans les Indes orientales, entre les 11°10′ et 11°32′ de latitude nord, et les 76°59′ et 77°31′ de longitude est du méridien de Greenwich, ces montagnes suivent une direction oblique du sud-ouest au nord-est, dans une longueur de 38 à 40 milles, sur une largeur d'environ 15 milles.

» Elles forment un énorme massif extrêmement accidenté, coupé de ravins, de vallées marécageuses, de précipices ou gorges profondes, qui, suivant leur étendue ou leur direction, présentent une végétation entièrement différente de celle des plateaux qui les environnent. La surface de ces plateaux est singulièrement ondulée, et se compose en général d'une suite de monticules ou de mamelons arrondis, dont quelques-uns ont une hauteur de plus de 8000 pieds au-dessus du niveau de la mer.

» La plupart de ces mamelons sont complétement dépourvus de végétation arborescente; une herbe fine et touffue, d'un vert pâle, les recouvre en totalité et leur donne une physionomie remarquable et toute particulière. De loin en loin seulement on aperçoit quelques bouquets d'arbres d'une étendue variable, mais généralement peu élevés. C'est dans les gorges et dans les ravins dont nous avons parlé tout-à-l'heure, et qui doivent leur origine aux chutes d'eau ou aux torrents qui se précipitent des plateaux supérieurs, que l'on voit s'élever une végétation vigoureuse et arborescente, contrastant, par sa force et les espèces qui la composent, avec celle des mamelons du plateau.

» Qu'on se figure l'étonnement du botaniste européen s'élevant des plaines de l'Inde sur la chaîne des Nilgherries, à la vue de la végétation qui vient frapper ses regards. Dans la plaine, ces forêts impénétrables, composées d'arbres dont la cime s'élève à plus de 50 mètres de hauteur; cette variété dans les formes, cet éclat et cette gravité dans les fleurs, ce mélange de palmiers élégants et des espèces colossales de figuiers, de mangines, etc., sur lesquels s'établit la végétation parasite des orchidées et des broméliacées épidendres; ces lianes, si variées dans leurs formes, sont tout-à-coup remplacées par une végétation maigre et chétive, qui fatigue l'œil par son apparente monotonie. Tout-à-l'heure rien ne rappelait au voyageur européen les végétaux de sa patrie; aucune espèce, je dirais presque aucun genre de plantes n'appartient à ces forêts primitives de l'Inde et à celles de l'Europe. En une heure de marche, s'il pouvait perdre le souvenir du temps et des lieux, il se croirait transporté sur le sommet des Alpes ou du Jura : même forme générale dans l'aspect de la végétation, mêmes genres et espèces presque identiques. Ainsi il rencontre à chaque pas des renoncules, des violettes, des anémones, des mauves, des mille-pertuis, des fumeterres, des potentilles, des gentianes, des andromèdes et des rhododendrons, etc., etc.; en un mot tous les genres qui, en Europe, caractérisent la végétation des hautes chaînes de montagnes.

» Mais néanmoins si l'aspect général est le même, si les genres de végétaux sont ainsi communs aux sommets élevés des Nilgherries et de nos Alpes, cependant la nature imprime encore un cachet spécial à cette végétation des hautes chaînes de l'Inde. Ce sont bien les mêmes genres, mais ce ne sont pas les mêmes espèces qu'en nos climats. Ainsi, par exemple, aux *Rhododendrum hirsutum* et *ferrugineum* qui garnissent les roches calcaires des Alpes de la Suisse et du Jura, se substitue le *Rhododendrum arboreum,* seul végétal ligneux, qui orne de ses magnifiques corolles pourpres les mamelons élevés du plateau des montagnes des Nilgherries. Si nous prenons une famille en particulier, celle des Orchidées, par exemple, nous verrons que, pour le port, ses espèces rentrent tout-à-fait dans les formes européennes. Mais les genres *Orchis, Ophris, Aceras,* etc., de nos climats, sont remplacés par de nombreuses espèces appartenant aux genres *Habenaria, Satyrium* et *Peristylus,* qu'on ne trouve guère que dans les pays voisins des tropiques.

» Comme nous l'avons dit tout-à-l'heure, M. Perrottet a séjourné deux années sur la chaîne des Nilgherries. Le peu d'étendue de ces montagnes lui a permis d'en parcourir toutes les parties. Il n'y a pas un des mamelons qui s'en élèvent, pas une des vallées qui la sillonnent, qu'il n'ait visi-

tés à toutes les époques de l'année. Aussi peut-on assurer qu'il en a recueilli à peu près tous les végétaux qui peuvent y croître, et que la végétation de ce groupe de montagnes est aujourd'hui aussi bien connue que celle des contrées de l'Europe qui ont été le mieux explorées.

» M. Perrottet, avec la sagacité qui caractérise le naturaliste parfaitement au courant de toutes les exigences de la science et qui peuvent contribuer à ses progrès, ne s'est pas borné à recueillir avec soin tous les végétaux qui s'offraient à sa vue, mais il a étudié leur structure, qu'il a reproduite soit par des dessins analytiques, soit par des descriptions; il a noté surtout avec un soin tout particulier les diverses stations où croissent chacun de ces végétaux, de manière à pouvoir faire un tableau exact et complet de la géographie botanique des Nilgherries, partie si intéressante de la science.

» La végétation des Nilgherries, considérée dans son ensemble depuis la partie inférieure de la chaîne jusqu'au sommet des mamelons qui la couronnent, peut se partager en quatre régions, caractérisées chacune par un certain nombre de végétaux qui n'appartiennent qu'à elle.

» La première, ou la supérieure, qu'on peut appeler la *région alpine*, est celle que nous avons fait connaître tout-à-l'heure. C'est elle qui comprend tous les mamelons depuis une hauteur de 5000 pieds anglais au-dessus du niveau de la mer jusqu'à 8000 pieds, hauteur de quelques-uns des monticules aux environs d'Otocamund, ville principale des Nilgherries. Elle est caractérisée par la présence de tous ces végétaux alpins dont nous avons donné tout-à-l'heure une énumération succincte, au milieu desquels se rencontrent deux ou trois espèces ligneuses, comme le *Myrtus tomentosa*, remarquable à la fois par l'abondance de ses jolies fleurs roses, auxquelles succèdent des baies également roses, d'une saveur douce, aigrelette et parfumée; le *Cotoneaster affinis*, DC., arbrisseau souvent rabougri et étalé à la surface du sol, tout couvert de petites fleurs blanches et tomenteuses, qui le font reconnaître de loin; une jolie acanthacée, probablement nouvelle, à fleurs du bleu de ciel le plus pur et qui couvre quelquefois d'immenses espaces de terrain; enfin, le *Rhododendrum arboreum*, qui forme quelquefois à lui seul de petites forêts élégantes et dont on ne trouve plus un seul individu au-dessous de 5000 pieds.

» Cette zone supérieure est parfaitement tranchée et elle diffère tellement de celles qui sont placées au-dessous d'elle, qu'elle paraît n'avoir avec elles aucun rapport.

» La deuxième région forme une bande d'environ 1000 pieds de hau-

teur, qui commence à 4000 pieds et s'élève jusqu'à 5000. Sa végétation, comme celle des deux autres régions inférieures, offre tout-à-fait le caractère tropical et indien, mais elle se compose en général d'arbres peu élevés et sur le développement desquels la hauteur des lieux exerce une influence très grande. Nous citerons ici, comme caractérisant cette région, des *Dombeya*, des *Helicteres*, le *Vateria indica*, des espèces appartenant aux genres *Trichilia*, *Sterculia*, *Pterocarpus*, *Ficus*, *Croton*, l'*Artocarpus incisa*, etc.

» La troisième région est surtout caractérisée par la terminaison de ces magnifiques espèces du beau genre *Anogeissus*, qui forment de vastes forêts depuis la base de la montagne jusqu'à une hauteur de 4000 pieds. Au-dessus de ce point on ne rencontre aucun individu d'une espèce qui, dans les régions situées immédiatement au-dessous, imprimait par son abondance un caractère tout spécial à la végétation. Avec les *Anogeissus* se montrent le *Gmelina arborea*, le *Cochlospermum gossypium*, des *Acacia*, des *Sapindus*, des *Celastrus sarmenteux*, le *Pterocarpus marsupium*, les *Grewia*, les *Dalbergia*, des *Spathodæa* et d'autres *Bignoniacées*, etc.

» Enfin, la dernière région est celle qui occupe la base des montagnes en s'élevant à une hauteur de deux et quelquefois de trois mille pieds au-dessus du niveau de la mer. C'est la végétation tropicale indienne avec tout son luxe et son éclat. Ce sont des forêts impénétrables, composées d'arbres magnifiques dont la cime s'élève souvent à plus de cinquante mètres de hauteur. Rien n'est beau comme ces majestueux manguiers chargés à la fois de fleurs et de fruits du plus beau jaune, comme le jacquier à feuilles entières et luisantes, sur le tronc duquel se développent des fruits dont quelques-uns pèsent jusqu'à 25 et 30 kilogr. Les bambous y forment des touffes vraiment gigantesques, et leur chaume creux et annelé s'élève à la hauteur des plus grands arbres et acquiert une solidité comparable à celle des bois les plus résistants

» La végétation de cette dernière zone se confond insensiblement à sa base avec celle des plaines environnantes.

» Nous avons parlé tout-à-l'heure de ces ravins profonds, de ces vallées abruptes qui sillonnent les flancs du massif des Nilgherries, et descendent quelquefois jusque dans la plaine qui l'environne. Leur végétation ne ressemble en rien à celle des plateaux; la transition est subite. A peine le voyageur s'est-il engagé dans l'une de ces vallées, qu'il se voit tout-à-coup environné par une végétation luxuriante, par des arbres souvent d'une grande hauteur, comme les Lauriers, les *Michilia*, les *Gordonia*, les An-

dromèdes arborescentes, sur lesquels croissent des Lianes et des Orchidées épidendres. C'est dans l'une de ces vallées, dans sa partie la plus rapprochée des plateaux, que M. Perrotet a découvert cette belle fougère en arbre, à tige bifurquée, dont il n'existait jusqu'à présent aucun exemple dans la science. On sait, en effet, que les fougères ligneuses ressemblent pour leur port et leur aspect général aux palmiers et autres monocotylédons, à tige arborescente. Si l'on excepte quelques *Dracœna,* et parmi les palmiers, le Doum ou palmier de la Thébaïde, le stipe des monocotylédons, comme celui des fougères, est parfaitement simple et indivis. Dans l'espèce rapportée par M. Perrottet, il est profondément bifurqué. M. Perrottet a également rapporté et déposé au Muséum d'Histoire naturelle l'extrémité supérieure d'un *cycas* bifurquée et un stipe de *Lontarus flabelliformis,* divisé en six branches, partant toutes de points différents. Ce sont autant de faits nouveaux pour la science, et qui probablement pourraient modifier en quelques points les explications qu'on a jusqu'à présent données du mode de développement des arbres monocotylédonés.

» Quoique la botanique ait été l'objet spécial des recherches de M. Perrottet, cependant il a rapporté de ses voyages des collections zoologiques faites avec discernement et habileté, et souvent accompagnées de notes manuscrites qui ajoutent beaucoup à leur valeur scientifique. Parmi ces collections se trouvent un certain nombre de mammifères et de reptiles, souvent conservés tout entiers dans la liqueur, et surtout des mollusques et des insectes.

» Ces insectes, au nombre de quatre cents espèces, ont été recueillis avec le plus grand soin, et se trouvent dans un très bon état de conservation. Plus de deux cents espèces sont différentes de celles rapportées par M. Adolphe Delessert, quoique provenant des mêmes localités. Le plus grand nombre paraissent nouvelles, et, ce qui sera important pour la science, c'est que chaque individu est accompagné de notes faisant connaître ses mœurs et son genre de vie. L'auteur étant très versé dans la connaissance des plantes, a pu donner en même temps le nom du végétal sur lequel chaque individu a été trouvé.

» C'est surtout dans l'ordre des coléoptères que cette collection est très riche. L'Académie comprendra qu'il serait difficile de faire ici l'énumération de toutes les espèces rares ou tout-à-fait nouvelles que contient cette collection. Nous nous contenterons de dire qu'elle a été faite avec un grand discernement, et qu'elle fournit de riches et importants matériaux à l'entomologie.

» M. Perrottet a porté également son attention sur tous les points propres à lui fournir les matériaux d'une topographie ou statistique complète des Nilgherries : ainsi la nature du sol, les influences et phénomènes atmosphériques, les habitants qui y vivent, les productions naturelles végétales et animales, la culture, tout a été étudié par lui avec un soin égal et de manière à pouvoir tracer une histoire complète de ce point si intéressant des Indes orientales.

» Les observations météorologiques, faites par M. Perrottet pendant les deux années qu'il a séjourné dans les Nilgherries, ont été continuées pendant tout le temps qu'il a habité Pondichéry. Il a tenu un registre exact des variations barométriques et thermométriques observées chaque jour à trois époques différentes de la journée. Les instruments dont il a fait usage ont été comparés avec ceux qui avaient été emportés de Paris par M. Darondeau, officier de la Marine royale, qui, avant son départ, les avait essayés comparativement avec ceux de l'Observatoire de Paris.

» Les observations de température ont été faites, suivant le procédé indiqué par notre collègue M. Boussingault, savoir, à la surface du sol, et à des profondeurs qui ont varié de 0,50 à 1 mètre et $1^m,50$. Par ce moyen, M. Perrottet a pu déterminer avec plus de célérité et d'exactitude la température moyenne des pays où il a fait ses observations.

» Toutes les hauteurs des montagnes dont la réunion constitue le massif des Nilgherries ont été prises avec le baromètre, en s'entourant de toutes les précautions recommandées par les physiciens dans ces opérations délicates.

» Cette partie des travaux de M. Perrottet a paru à ceux de vos Commissaires plus spécialement chargés de son examen, offrir assez d'intérêt pour devenir l'objet d'un Rapport séparé qui sera prochainement présenté à l'Académie.

» Si nous résumons les services rendus aux sciences par M. Perrottet, dans une période de vingt-deux années, comme naturaliste-voyageur et comme agriculteur colonial, nous arriverons aux résultats suivants :

» 1°. Introduction et naturalisation dans nos colonies de la Guyane, de Pondichéry, des Antilles, de Bourbon et du Sénégal d'un grand nombre de végétaux utiles ;

» 2°. Introduction en Europe de nombreuses espèces de plantes exotiques vivantes, qui font l'ornement de nos serres et de nos jardins, et surtout du *mûrier multicaule,* dont la culture, aujourd'hui répandue dans

toutes les parties de la France, a valu à M. Perrottet une des grandes médailles de la Société d'Encouragement pour l'industrie nationale ;

» 3°. Introduction de la culture du *nopal* et de la *cochenille sylvestre* dans notre colonie du Sénégal;

» 4°. Établissement des premières magnaneries régulières à l'île Bourbon, qui doivent amener un changement total dans le système de culture de cette colonie.

» Tels sont les faits principaux accomplis par M. Perrottet, et qui justifient la confiance que le Gouvernement avait placée en lui.

» Mais en dehors de ces travaux en quelque sorte officiels, M. Perrottet a rendu aux sciences, et en particulier à la botanique, d'éminents services:

» Ainsi, il a enrichi les collections du Muséum d'Histoire naturelle de plusieurs herbiers, faits dans tous les pays qu'il avait visités, et qui ne contiennent pas moins d'environ huit mille espèces ;

» Il a rapporté des mêmes pays un grand nombre d'animaux vivants ou empaillés; des collections de bois, etc. ;

» Il a éclairé l'agriculture coloniale par la publication d'un grand nombre de Mémoires sur différents points de culture;

» Il est un des auteurs de la *Flore de Sénégambie ;*

» Enfin, il a rapporté de ses différents voyages des notes manuscrites, des journaux de voyage, dans lesquels il a consigné les observations qu'il avait été à même de faire sur les différentes branches de l'histoire naturelle, de la physiologie végétale, de l'agriculture coloniale et de la météorologie.

» En considérant de semblables résultats, votre Commission a l'honneur de vous proposer:

» 1°. D'adresser à M. Perrottet des remercîments pour les intéressantes communications qu'il lui a faites et pour les services qu'il a constamment rendus aux sciences dans les différentes missions qui lui ont été confiées par le Gouvernement, en l'engageant à persévérer dans la voie honorable et scientifique qu'il a suivie jusqu'à présent;

» 2°. D'adresser une copie du présent Rapport à M. le Ministre de la Marine, afin d'appeler son attention sur M. Perrottet. Les services qu'il a rendus à l'État et aux sciences, en dehors de ceux que lui imposaient ses fonctions et les instructions ministérielles qui le dirigeaient, nous paraissent de nature à lui mériter au plus haut degré la bienveillance du Gouvernement. »

Les conclusions de ce Rapport sont adoptées.

NOMINATIONS.

L'Académie procède, par voie de scrutin, à la nomination d'une Commission appelée à juger les pièces adressées pour le concours aux prix de Médecine et de Chirurgie de la fondation Montyon.

MM. Double, Roux, Magendie, Serres, Larrey, Breschet, de Blainville, Duméril, Savart, réunissent la majorité des suffrages.

L'Académie procède, également par voie de scrutin, à la nomination d'une Commission pour le concours relatif aux Arts insalubres.

(Commissaires, MM. Dumas, Thenard, d'Arcet, Pelouze, Pelletier.)

MÉMOIRES LUS.

MÉDECINE. — *Recherches sur les changements de proportion de quelques principes du sang (fibrine, globules, matériaux solides du sérum et eau) dans les maladies; par* MM. **Andral** *et* **Gavarret**. (Extrait par les auteurs.)

(Commissaires, MM. Magendie, Serres, Dumas, Breschet, Milne Edwards.)

« Dans la première partie de notre Mémoire, nous nous sommes occupés spécialement des maladies dans lesquelles il y a une augmentation considérable de fibrine, maladies qui forment la première des quatre classes que nous avons établies d'après les changements en sens divers de proportion dans les éléments du sang; nous avons aujourd'hui à nous occuper des trois autres classes.

CLASSE DEUXIÈME.

Maladies dans lesquelles la fibrine est en quantité normale ou diminuée, en même temps que les globules sont aussi en quantité normale ou augmentée.

» Cette classe se divise en deux ordres : 1° les pyrexies, ou fièvres; 2° plusieurs congestions et hémorragies.

» 1er ORDRE. Nous rapporterons à cinq groupes les faits dont nous avons à rendre compte relativement à ce premier ordre :

» A. — *Prodrome des fièvres continues.* — Jamais d'augmentation de fibrine; souvent diminution de ce principe, à tel point qu'on le voit s'abaisser jusqu'à 1 millième. Jamais de diminution des globules avant les saignées, et

souvent leur augmentation, à ce point qu'ils peuvent dépasser 140, et qu'ils se sont élevés une fois jusqu'à 157 : chiffre considérable, qui se rencontra chez un malade qui n'avait en même temps que 1 en fibrine. Au lieu de marcher à un état plus grave, il se rétablit, et une seconde saignée montra la fibrine remontée et les globules descendus.

» B. — *Fièvres continues simples.* — Si elles existent sans travail phlegmasique appréciable, les modifications du sang se soutiennent dans le même sens que dans le groupe précédent. Dans un de nos cas où existait cet ensemble de symptômes qui caractérisent la fièvre inflammatoire ou angéioténique, les globules avaient atteint le chiffre énorme de 185, et cependant la fibrine s'était maintenue à sa quantité normale.

» C. — *Fièvres typhoïdes.* — Nous avons réservé ce nom pour la fièvre continue qui coïncide avec un état exanthémateux d'abord, puis ulcéreux des follicules intestinaux. Nous avons examiné le sang dans cette maladie chez vingt malades, et dans cinquante saignées.

» En raison de l'apparence phlegmasique de l'altération intestinale qui forme le caractère anatomique de la fièvre typhoïde, on serait en droit de supposer que, dans cette maladie, le sang doit plus ou moins revêtir les qualités du sang des inflammations ; mais il n'en est point ainsi : quelle que soit l'intensité de la phlegmasie intestinale, le sang n'en emprunte point ses caractères. Dans la fièvre typhoïde, quelle que soit la période à laquelle on examine le sang (et cet examen, nous l'avons fait depuis le quatrième jour jusqu'au vingt-unième), on ne trouve jamais la fibrine élevée au-dessus de son chiffre physiologique ; elle le conserve assez souvent, mais souvent aussi, elle s'abaisse au-dessous de lui, offrant ainsi une manière d'être inverse de celle qu'elle offre dans toute phlegmasie. En outre, tandis que, dans celle-ci, la fibrine augmente en raison directe de l'intensité de la maladie, dans la fièvre typhoïde, au contraire, la fibrine diminue en raison directe de la gravité de cette fièvre, et elle peut diminuer au point de tomber au-dessous de 1 millième. La fièvre typhoïde est, de toutes les maladies, celle où nous avons vu le chiffre de la fibrine descendre le plus bas.

» Quant aux globules, tandis que, dans la phlegmasie, ils se montrent très souvent avec un chiffre peu élevé dès le début de la maladie, dans la fièvre typhoïde, c'est une tendance inverse qui a lieu : plus on examine le sang à une époque rapprochée de l'invasion de la fièvre, plus on trouve de cas dans lesquels non-seulement les globules n'ont pas diminué, mais dans lesquels ils ont augmenté d'une manière très notable.

Ainsi, jusqu'au huitième jour, il n'est pas rare de voir le chiffre des globules varier entre 140 et 150, tandis que, dans le rhumatisme articulaire aigu et la pneumonie, jusqu'au huitième jour ils ne se sont guère élevés au-dessus de 130. De plus, à une époque déjà éloignée du début de la fièvre typhoïde, on voit souvent, malgré les saignées et la diète, les globules se maintenir encore à un chiffre assez élevé, au-dessus de 130, ce qui n'a pas lieu dans les phlegmasies. Toutefois, et ceci est fort important à remarquer, ce chiffre élevé peut n'avoir jamais eu lieu, ou avoir cessé d'exister, et la fièvre typhoïde n'en prend pas moins naissance et n'en marche pas moins. Il y a donc ici plusieurs cas à distinguer: c'est que la fièvre typhoïde est elle-même un état morbide infiniment plus complexe qu'une phlegmasie.

» En résumé, une diminution de la fibrine d'autant plus marquée et d'autant plus considérable que la fièvre typhoïde a elle-même plus de gravité, voilà le trait caractéristique de l'altération du sang dans cette maladie. Un autre trait qui pourrait être considéré comme une conséquence du premier, c'est un excès de globules par rapport à la fibrine. Mais, dans les premiers temps, il n'y a en réalité (et cela même, pas toujours) qu'excès de globules, et la fibrine n'est alors en moins que par rapport à eux; à une époque de gravité plus grande, il y a en réalité diminution de la fibrine. D'où il suit que le caractère fondamental de l'altération du sang dans la fièvre typhoïde, ne se développe que dans la forme grave de la maladie, et que, dans les cas légers, il peut arriver que le sang ne présente que des caractères purement négatifs.

» D. — *Fièvres éruptives* (*variole, varioloïde, rougeoles, scarlatine*). — Dans ces fièvres nous avons obtenu les mêmes résultats généraux que dans les trois groupes précédents. Le chiffre inférieur de la fibrine a été 1; son chiffre supérieur 4, et encore celui-ci ne s'est-il montré qu'une seule fois; dans la plupart des cas la fibrine s'est maintenue entre les chiffres $3\frac{1}{2}$ et 2.

» Il y a lieu de s'étonner, sans doute, que dans une maladie où, comme dans la variole, la peau devient le siége d'une suppuration abondante, le sang, obéissant à la loi des phlegmasies, ne traduise pas ce travail par une augmentation de fibrine. C'est que la phlegmasie cutanée de la variole, comme la phlegmasie intestinale de la fièvre typhoïde, ne sont que de simples éléments d'une affection plus générale qui les domine, et d'où le sang reçoit ses caractères.

» Quant aux globules, ils nous ont offert encore une augmentation considérable dans plusieurs cas de scarlatine et de rougeole, s'élevant par

exemple jusqu'au chiffre 146, et au contraire ils n'ont augmenté d'une manière sensible dans aucun cas de variole.

» E. — *Fièvres intermittentes.* — Dans tous les cas, soit que nous ayons examiné le sang dans les accès ou dans leurs intervalles, nous n'avons obtenu que des résultats négatifs.

» Avec les différents faits que nous avons rapportés, nous sommes maintenant en état de répondre à la question suivante : dans les phlegmasies, est-ce la fièvre, est-ce la phlegmasie qui produit dans le sang une augmentation de fibrine ? Nous pouvons répondre que c'est la phlegmasie, et, que sans l'intervention du travail local qui constitue celle-ci, la fièvre seule, quels que soient son intensité et sa durée, n'a pas pour effet d'augmenter la quantité de fibrine que le sang doit contenir.

» 2ᵉ ordre. — *Congestions et hémorragies cérébrales.*

» Au point de vue des doctrines médicales qui sont aujourd'hui le plus généralement répandues, les résultats que nous a donnés l'examen du sang dans ces maladies nous offrent quelque chose d'inattendu et comme de singulier.

» En effet, dans la majorité des cas, nous avons trouvé la fibrine abaissée au-dessous de son chiffre normal, tandis que les globules avaient conservé leur moyenne physiologique, ou l'avaient dépassée ; et ce double résultat était d'autant plus tranché, que nous examinions le sang à une époque plus rapprochée de l'invasion de la maladie. Et qu'on ne dise pas que la perte de sang fut ici la cause de la diminution de la fibrine ; car, d'après ce que nous savons, si elle avait été assez considérable pour avoir quelque sorte d'influence, elle aurait commencé à coup sûr par diminuer les globules, avant de s'attaquer à la fibrine.

» Que si de ces faits, nous en rapprochons beaucoup d'autres, déjà cités dans le cours de ce Mémoire, nous nous croirons en droit d'établir comme déductions de nos analyses, ce que M. Magendie avait déjà signalé comme résultat de ses expériences à savoir que toutes les fois que dans le sang le chiffre de la fibrine diminue de beaucoup par rapport à celui des globules, le sang, perdant sa cohésion normale, tend à sortir des vaisseaux qui le contiennent, de telle sorte que c'est dans une modification toute chimique du sang que nous sommes amenés à chercher la cause d'un certain nombre d'hémorragies, dont jusqu'à présent on n'a guère trouvé la raison que dans la modification anatomique du solide au sein duquel ces hémorragies s'accomplissent ; mais est-ce à dire qu'il en est toujours ainsi ? Non sans doute, car nous avons trouvé d'autres cas d'hémorragies cérébrales dans

lesquelles le sang avait conservé la quantité normale de ses principes constituants.

CLASSE TROISIÈME.

Maladies dans lesquelles les globules de sang sont diminués.

» Nous renvoyons au Mémoire l'exposition d'un certain nombre de faits relatifs à des états morbides divers qui, dans le sang, reconnaissent comme caractère une diminution notable du chiffre des globules; parmi ces états morbides nous nommerons seulement quelques hydropisies, l'étiolement tout particulier qui suit d'anciennes fièvres intermittentes, l'état cachectique spécial que présentent les ouvriers soumis depuis longtemps à l'influence des préparations de plomb. Nous donnerons seulement quelques détails sur la *chlorose*.

» Il y a, pour cette maladie, un premier degré dans lequel elle se caractérise si peu par des signes extérieurs, qu'au premier abord on prendrait les jeunes filles qui en sont atteintes pour des personnes pléthoriques, mais c'est là une fausse pléthore qui va, en quelque sorte, se dénoncer par l'état du sang, car déjà il donne à l'analyse moins de globules qu'à l'état normal. Mais cette diminution est encore peu considérable : elle va devenir bien autrement remarquable dans les cas de chlorose confirmée. Alors on constate dans le sang une diminution de globules qu'on ne trouve à ce point dans aucune autre maladie, si ce n'est dans les cas tout accidentels où d'abondantes hémorragies sont venues profondément épuiser l'organisme. Dans un cas de ce genre, déjà cité, nous avons vu les globules ne plus donner que le chiffre 21. Eh bien! dans la chlorose, nous avons vu les globules abaissés de leur chiffre moyen 127 au chiffre 38. Nous les avons vus plus fréquemment descendre entre 60 et 50, entre 50 et 40. Dans ces cas divers, la température se maintenait entre 37 et 38 degrés.

» Cependant nous donnâmes du fer à ces chlorotiques, et un certain temps après que nous eûmes commencé l'administration de ce médicament, le sang fut examiné de nouveau, et nous trouvâmes le chiffre des globules remonté. Dans un cas, par exemple, où, avant l'administration du fer, le sang ne contenait que 46 en globules, il en offrit 95 après que le malade eut pris du fer.

» Quant aux autres éléments du sang, sauf l'eau qui s'accrut en raison directe de l'abaissement des globules, ils ne prirent aucune part au change-

ment; ainsi les matériaux solides du sérum variant entre 94 et 75, se maintinrent dans les limites de leur quantité physiologique, et la fibrine, restant encore indépendante de l'état des globules, ne subit en aucune façon l'influence de la maladie : vainement les globules descendirent, elle ne les suivit pas, et l'administration du fer ne fit pas varier sa quantité. Et ici un cas singulier se présente : non-seulement la fibrine ne diminua pas par l'effet de la chlorose, mais dans deux cas elle augmenta, atteignant les chiffres 6 et 7. Nous pouvons en donner la raison : c'est que, dans ces deux cas, la chlorose n'existait plus comme unique maladie; dans un cas, elle marchait avec une phthisie pulmonaire au troisième degré, dans l'autre elle était compliquée d'un rhumatisme articulaire aigu. Ainsi non seulement la fibrine se soustrait aux altérations que le sang éprouve par le fait de la chlorose, mais encore, si une autre maladie vient coïncider avec celle-ci, la fibrine en reçoit sa modification accoutumée, tout aussi bien que si la chlorose n'existait pas.

CLASSE QUATRIÈME.

Maladies dans lesquelles l'albumine du sérum est diminuée.

» Lorsque la sécrétion des reins s'est modifiée de telle façon que l'urine s'en échappe mêlée à une certaine quantité d'albumine, on trouve ce principe en quantité moindre dans le sang. Nous avons vérifié ce fait, déjà annoncé par d'autres auteurs. Nous avons constaté en pareil cas une diminution telle d'albumine, que sur mille parties de sang le sérum n'en contenait plus que de 56 à 60, au lieu de 72 qui est son chiffre moyen. Nous nous sommes assurés, en outre, que l'abaissement du chiffre de l'albumine dans le sérum du sang était en raison directe de la plus grande quantité d'albumine que l'on trouvait dans l'urine. Nous avons vu des cas où, au bout d'un certain temps, l'urine venait à contenir moins d'albumine, et alors, chez le même individu nous en retrouvions davantage dans le sérum du sang. Enfin, lorsque l'albumine venait à disparaître de l'urine, ce principe remontait dans le sérum du sang à son chiffre normal. Ajoutons que dans les cas où l'urine ne contenait de l'albumine que d'une manière passagère, l'albumine du sang n'en était pas modifiée.

» Du reste, dans ces cas divers, les autres principes constituants du sang ne nous présentèrent que des modifications accidentelles en rapport avec des causes accidentelles elles-mêmes. Ainsi, dans un de ces cas, une phlegmasie aiguë, jetée à travers la maladie principale, augmenta tout-à-coup

la quantité de la fibrine; dans un autre cas, la privation prolongée des aliments abaissa de beaucoup la quantité des globules. Et c'est ainsi que plus nous avons avancé dans nos recherches, plus il nous est devenu facile, par l'analyse des faits, de ramener à quelques principes les causes de tous ces changements de composition du sang, qui, par leur mobilité même et par la rapidité de leur succession, sembleraient au premier coup d'œil échapper à toute règle, et se produire comme au hasard. Au milieu de ce désordre apparent, il y a des lois qui s'accomplissent, et, pour les trouver, il s'agit surtout de chercher à dégager les phénomènes de leurs complications.

» Qu'on nous permette, avant de terminer, une dernière remarque sur le parti que quelques personnes supposent que l'on pourrait tirer de l'examen de la densité du sérum. Pour évaluer la quantité d'albumine et de sels contenus dans le sang, on a effectivement vérifié que dans la maladie de Bright, où le sang contient moins d'albumine, son sérum a aussi moins de densité; mais toute diminution de densité du sérum est-elle le résultat d'une diminution de l'albumine, et est-on fondé à donner pour preuve de l'abaissement du chiffre de l'albumine dans le sang, la densité de moins en moins grande que présente ce liquide, à mesure qu'on répète les saignées? Nous ne saurions l'accorder; car ce serait là un résultat qui serait généralement en désaccord avec celui qu'ont fourni nos analyses. Si dans un pareil cas le sérum perd de sa densité, c'est que celle-ci ne dépend pas uniquement de la quantité d'albumine et de sels du sang. En effet, la proportion d'albumine et de sels restant la même, il suffit que les globules diminuent pour que la quantité d'eau augmentant proportionnellement, la densité du sérum se trouve abaissée. Or, comme le résultat le plus constant des saignées pratiquées à des intervalles rapprochés est de faire baisser la proportion des globules, on conçoit sans peine que les données fournies par la densité du sérum peuvent induire en erreur, en faisant rapporter à l'albumine et aux sels une diminution de proportion qui, le plus souvent, porte réellement sur les globules. Lors donc que l'on constate un abaissement de la densité du sérum, la seule conclusion que l'on puisse tirer de ce fait, c'est que le sang est appauvri, mais l'analyse seule peut apprendre lequel de ses principes a subi un abaissement de proportion. »

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

M. **Léon Dufour**, correspondant de l'Académie, adresse un Mémoire ayant pour titre : *Histoire des métamorphoses et de l'anatomie des Mordelles*.

Sur la demande de l'auteur, ce Mémoire est renvoyé à l'examen d'une Commission.

(Commissaires, MM. Audouin, Milne Edwards.)

CHIMIE ORGANIQUE. — *Mémoire sur l'éther chloroxalique et ses dérivés; par* M. F. **Malaguti.**

(Commissaires, MM. Thenard, Dumas, Regnault.)

L'auteur résume dans les termes suivants les résultats de son travail :

« L'hydrogène de l'éther oxalique peut être complétement remplacé par une quantité équivalente de chlore : l'éther chloroxalique qui en résulte produit de l'oxamide par l'ammoniaque liquide, et donne, par l'ammoniaque gazeuse, le chloroxaméthane, comparable, sous tous les rapports, à l'oxaméthane. Le chloroxaméthane, sous l'influence de l'ammoniaque liquide, se transforme en chloroxalovinate d'ammoniaque, d'où l'on peut tirer, par les moyens appropriés, l'acide chloroxalovinique, qui diffère de l'acide oxalovinique en ce qu'il contient du chlore au lieu d'hydrogène. Cet acide peut être obtenu à l'état anhydre, en faisant agir l'alcool sur l'éther chloroxalique, qui peut aussi donner naissance à un acide chloré particulier, par l'action oxigénante des alcalis.

» Le résultat le plus saillant de ces expériences est, à mon avis, la conservation des propriétés chimiques de l'éther oxalique après qu'il a perdu dix atomes d'hydrogène et gagné dix atomes de chlore. On connaît, il est vrai, d'autres exemples d'une pareille conservation, mais ils sont tirés des réactions produites par la décomposition de la molécule chimique de la substance examinée, ce qui pourrait ne pas paraître aussi péremptoire qu'un cas où il n'y a pas de décomposition, mais simple modification.

» Que l'on examine le tableau suivant, où sont consignées comparativement toutes les transformations de l'éther oxalique et de l'éther chlor-

oxalique, et l'on sera bientôt convaincu qu'une des séries n'est que la répétition de l'autre.

» Je n'ai pas adopté de formule rationnelle pour l'éther oxalique, car cela m'a semblé inutile. Quelle que soit la théorie que l'on adopte pour interpréter la constitution de l'éther oxalique, la ressemblance des deux séries n'en sera pas moins frappante.

Éther oxalique et ses dérivés.	Éther chloroxalique et ses dérivés.
$C^{12} H^{10} O^4$	$C^{12} Cl^{10} O^4$.
Ét. oxalique	Éther chloroxalique.
$C^{12} H^{10} O^4, C^4 O^3$	$C^{12} Cl^{10} O^4, C^4 O^3$.
Ac. oxalovinique	Ac. chloroxalovinique.
$C^{12} H^{10} O^4, C^4 O^3, H^2 O$	$C^{12} Cl^{10} O^4, C^4 O^3, H^2 O$.
Ac. oxalovinique hydraté	Ac. chloroxalovinique hydraté.
$C^{12} H^{10} O^4, C^4 O^3, BO$	$C^{12} Cl^{10} O^4, C^4 O^3, BO$.
Oxalovinates	Chloroxilovinates.
$C^{12} H^{10} O^4, C^4 O^2 Az^2 H^4$	$C^{12} Cl^{10} O^4, C^4 O^2 Az^2 H^4$.
Oxaméthane	Chloroxaméthane.
$C^4 O^2 Az^2 H^4$	$C^4 O^2 Az^2 H^4$.
Oxamide	Oxamide.

MÉTALLURGIE. — *Observations relatives à la cristallisation du platine. Modifications apportées dans l'art de travailler ce métal; par* M. JAQUELAIN. (Extrait.)

(Commissaires, MM. Boussingault, Dumas.)

« Lorsque l'on chauffe le chloro-platinate de potassium sans en opérer la fusion, une certaine portion de chlorure de platine se décompose, et l'on obtient alors un mélange de chlorure de potassium, de chlorure double, et de platine en poudre noire. Par des lavages à l'eau distillée bouillante on isole complétement ce dernier produit. Mais, si au lieu de s'arrêter à cette réaction imparfaite, l'on élève la température jusqu'à la fusion du chlorure alcalin, et si l'on prolonge pendant une heure environ l'action de la chaleur, tout le noir de platine se trouve changé en petites lamelles de platine très brillantes.

» En examinant avec soin la marche de ce phénomène, on ne tarde pas à concevoir que des courants établis dans la masse en fusion, mettent sans cesse en mouvement les cristaux infiniment petits de noir de platine; que, par suite de ce déplacement continuel, les surfaces décapées venant à se

rencontrer, à glisser l'une contre l'autre, il en résulte une soudure à chaud, une adhérence en un mot semblable à celle que nous produisons à froid par la superposition exacte des deux hémisphères d'une balle de plomb récemment coupée.

» Tant que la presque totalité du chlorure alcalin ne s'est pas volatilisée, il reste toujours quelques parcelles métalliques disséminées dans la masse fondue; enfin pendant toute la durée de la vaporisation du chlorure de potassium, on voit se former à la surface du bain, puis contre les parois du creuset un réseau de platine composé de petites lames implantées les unes sur les autres, et dont les dimensions augmentent d'une manière très sensible avec le temps consacré à cette expérience.

» C'est là ce qu'il convient d'appeler une véritable mousse de platine. Ces poussières d'apparence cristalline et la mousse elle-même se purifient par de simples lavages à l'eau distillée bouillante. Il est à remarquer d'ailleurs que le chlorure de potassium retient toujours du chlorure de platine non décomposé, bien qu'on l'ait porté long-temps au rouge; bientôt nous donnerons le moyen d'éviter cette difficulté.

» Ce premier résultat étant obtenu, on peut, en modifiant un peu le procédé, en tirer parti pour la fabrication du platine.

» Le travail en grand de ce métal a sans aucun doute subi de grandes améliorations depuis que Wollaston nous a légué les secrets les plus importants de cette fabrication; mais ces perfectionnements sont demeurés tout naturellement la propriété exclusive des personnes qui s'occupent de cette industrie. Je ne puis donc raisonner ici que d'après ce qui est connu de tous les chimistes. En supposant que mes observations livrées à la publicité, aient été faites depuis long-temps par les fabricants de platine, je n'en n'aurai pas moins accompli un devoir, celui d'obliger à des perfectionnements par la divulgation de phénomènes dont on fait peut-être un secret.

» Je rappellerai en peu de mots les précautions qu'il faut prendre pour conduire à bonne fin la préparation du platine, à partir du chlorure double ammoniacal. Il faut décomposer complétement le sel de platine et conserver à l'éponge une friabilité qui permette de la réduire en poudre assez fine par un simple broyage sous l'eau entre les deux mains; après cela on sépare les parties les plus fines de celles qui sont dures et plus grossières par un certain nombre de lavages et décantations; ces dernières sont ensuite retraitées par l'eau régale. Enfin vient le moulage de ce que l'on appelle la boue de platine. Cette opération ne laisse pas que d'être très minutieuse. Il n'est pas nécessaire d'avoir vu de la mousse de platine préparée en grand,

pour se convaincre de l'impossibilité qu'il y a de décomposer en totalité le chlorure double ammoniacal, sans faire prendre une cohésion considérable aux parties en contact avec les parois du vase : si l'on veut au contraire parer à cet inconvénient, on retombe dans celui d'une mousse de platine toujours souillée de chlorure indécomposé. De plus l'état physique de l'éponge ordinaire de platine entraîne à de grandes lenteurs dans le lavage de cette matière.

» On voit que le problème à résoudre consiste à composer un sel de platine qui laisse, après sa calcination, une seule masse de matières à grains très fins (condition de malléabilité), assez poreuse pour se laver promptement, toujours exempte de chlorure de platine, et assez flexible en un mot, pour se comprimer à sec dans des vases convenables.

» Ce vase, je le suppose, est un cylindre en fonte poli, de tel diamètre qu'on voudra, fixé en terre par un gros bloc de bois qui lui sert de pied Le platine bien sec et rougi étant introduit dans le cylindre chaud, on lui fera d'abord subir une première compression par de petits chocs, pour arriver insensiblement à la force d'un mouton qui retombera sur un mandrin de fer également poli et glissant à l'aise dans le cylindre. Cette opération terminée, on portera le platine au rouge, puis, l'introduisant de nouveau dans le cylindre en fonte, on continuera la compression jusqu'à ce que la masse soit en état de supporter le martelage dans tous les sens.

» Il peut paraître étonnant que j'aie préféré la compression du platine à sec, quand on reporte ses souvenirs à cette belle expérience de M. Wollaston, qui consiste à couper obliquement un fil de platine en deux, à rapprocher les deux parties, puis à les souder d'une manière durable d'un seul trait de chalumeau. Pour que cette opération réussisse, il faut bien se garder de laisser se déposer sur les surfaces fraîchement coupées les plus faibles traces d'humidité ou de tout autre corps, car on ne pourrait pas même commencer la soudure. C'est pour cette raison que je conseille d'opérer sur du platine toujours sec, et dans des vases toujours chauds.

» On sait en outre combien il est difficile de chasser toute l'humidité interposée dans le cylindre de platine, comprimé avec tous les soins imaginables par voie humide ; ce qui le prouve, c'est qu'après avoir forgé du platine ainsi préparé, si on le coupe en plusieurs morceaux, et qu'on en prenne le poids, on trouve une perte appréciable après les avoir chauffés au rouge et pesés dès qu'ils sont refroidis.

» Je donne par cette description l'idée d'une opération qui serait faite en grand, telle que j'ai pu l'exécuter dans un laboratoire, à l'aide d'une enclume, d'un marteau et d'un cylindre en laiton, instruments très vulgaires.

» Les doses qui m'ont le mieux réussi pour la préparation du sel de platine sont 25 parties de chlorure de potassium et 36 parties de sel ammoniac, pour 100 parties de platine, amenées comme à l'ordinaire à l'état de chlorure acide.

» Après la dessiccation complète du chlorure triple, on le décompose par petites portions dans un vase de platine, en ajoutant de nouvelle matière par-dessus la couche du sel précédemment réduit, et l'on termine à la dernière addition de sel par un coup de feu de 15 à 20 minutes. On retire ensuite la masse spongieuse, on lave à l'eau acidulée par l'acide chlorhydrique, afin d'enlever les traces d'oxide de fer abandonnées par le sel ammoniac, et l'on termine par l'eau distillée jusqu'à l'expulsion totale du chlorure de potassium. A cette époque on chauffe au rouge le platine ainsi lavé, et on le porte aussitôt à la pression, puis au martelage, comme je l'ai annoncé plus haut.

» Je mets sous les yeux de l'Académie divers échantillons de platine : un lingot de platine en mousse comprimé à sec; un lingot martelé; un échantillon laminé; enfin un essai de cristallisation provenant, ainsi que je l'ai dit au commencement de ce Mémoire, de la décomposition du chloroplatinate de potassium porté à la température rouge-cerise.

» Un seul échantillon présente dans son intérieur une facette à triangle équilatéral, ce qui m'autorise à penser que le platine, ainsi que l'or, pourrait bien cristalliser en octaèdre. »

MÉDECINE. — *Mémoire sur un mode de traitement des ulcères des jambes sans assujétir les malades ni au repos, ni au régime; par* M. BOYER, chirurgien de l'hôpital Saint-Louis. (Extrait par l'auteur.)

(Commissaires, MM. Duméril, Larrey, Breschet.)

« Ce Mémoire a pour but de faire connaître un mode de traitement des ulcères des jambes sur lequel l'auteur a fait des expériences pendant seize mois et qui est adopté depuis le 1er janvier 1833 par le Conseil général des hôpitaux de Paris, et mis en usage au Bureau central d'admission dans les hôpitaux. Ce mode de traitement consiste, 1° à entourer, dès le premier jour, la jambe malade de bandelettes de diachylon gommé dans

toute l'étendue de l'ulcère, quels que soient sa nature et son état présent; 2° à recouvrir le membre d'un bas lacé ou d'une bande; 3° à permettre au malade de marcher, de vaquer à ses occupations, quel qu'en soit le genre, sans suivre de régime; 4° à ne panser qu'une ou deux fois par semaine. L'exposé très détaillé de ce traitement est suivi de 125 observations de guérison, et de 9 observations de non-succès. Pour ces derniers cas l'auteur s'attache à prouver que le défaut de succès a dépendu de la nature des affections qui étaient de véritables maladies de la peau et non pas de vrais ulcères. »

M. Rivière adresse un *Catalogue des minéraux et des roches* de la Vendée, pour faire suite aux catalogues des espèces animales et des espèces végétales du même pays qu'il avait précédemment présentés.

« J'ai donné dans ce nouveau catalogue, dit M. Rivière, la description de plusieurs minéraux nouveaux ou peu connus: je citerai entre autres l'*élatérite* et la *vendéennite*.

» L'élatérite est une substance assez rare; jusqu'ici on l'a trouvée seulement : 1° dans les mines de plomb d'Odin, près de Castleton dans le Derbyshire, au milieu d'un calcaire qui encaisse le dépôt métallifère; 2° dans les mines de houille de Montrelais, département de la Loire-Inférieure; 3° dans une mine de houille près de Southburg dans le Massachussets; 4° dans la mine de houille de Faymoreau, Vendée; 5° dans celle de Chantonnay.

» L'élatérite de la Vendée varie de couleur du brun au grisâtre; elle est compressible entre les doigts, extensible et élastique; elle est, comme les autres élatérites, fusible à une faible température; en se fondant elle prend une viscosité qu'elle conserve après le refroidissement. L'élatérite brûle comme le caoutchouc ordinaire, mais elle donne quelquefois une odeur qui tient davantage du bitume et de la cire. Enfin elle jouit, lorsqu'elle est pure, de toutes les propriétés connues du caoutchouc ordinaire.

» On possédait plusieurs analyses de l'élatérite; mais les résultats différaient trop entre eux et différaient trop de ceux que donne l'analyse du caoutchouc, substance avec laquelle l'élatérite devait avoir évidemment une grande analogie de composition, pour qu'on pût les adopter avec confiance. Tout portait à croire que les échantillons examinés contenaient des matières étrangères. En effet M. Pelouze ayant bien voulu, à ma demande, analyser l'élatérite de la Vendée, dont la pureté n'était pas douteuse, a reconnu que l'oxigène et l'azote ne font point, ainsi qu'on le croyait, partie constituante

de cette substance, qui lui a présenté très sensiblement la même composition que celle assignée par M. Faraday au caoutchouc ordinaire.

» Je ferai observer ici qu'on trouve l'élatérite dans un terrain où jusqu'à ce jour on n'a reconnu que des sigillaires, des sternbergies et des calamites, végétaux essentiellement différents de ceux qui produisent actuellement le caoutchouc.

» Les couleurs variées de l'élatérite, ses diverses formes, sa présence presque exclusive dans les grès et psammites, sa pénétration dans la pâte de ces roches, et la rareté des fossiles végétaux dans le voisinage de l'élatérite, démontrent que cette substance résulte d'une espèce de distillation qui s'est opérée lorsque les grès étaient déjà consolidés au moins en partie.

» En Vendée l'élatérite est accompagnée accidentellement d'une sorte de gomme résine tantôt rouge, tantôt jaune, tantôt enfin jaune verdâtre, demi transparente, insoluble dans l'eau, brûlant avec une flamme rougeâtre, très dure et en même temps fragile. Cette substance paraît avoir de l'analogie avec le succin; elle paraît aussi en avoir avec la matière résinoïde qui est associée à l'élatérite d'Odin. Comme cette substance diffère notablement des minéraux nommés jusqu'à présent, j'ai cru devoir, pour la distinguer, lui donner le nom tiré du pays où elle existe: je l'ai donc nommée *vendéennite.* »

(Renvoi à la Commission précédemment nommée.)

M. Baunier adresse un appendice à un Mémoire qu'il avait précédemment présenté, et qui a pour titre: *Appareil gazo-pneumatique à chute d'air dans le vide, fonctionnant par la vapeur sans la condenser, et machine hydraulique élevant l'eau par son action sans piston, ni levier, ni rouages.*

(Commission précédemment nommée.)

M. Cittadini, d'Arezzo, soumet au jugement de l'Académie un *cystotome* de son invention, dont il adresse la figure et la description.

(Commissaires, MM. Larrey, Roux.)

M. Peyrot adresse une Note sur la *cause des fièvres de Sologne.*

(Commissaires, MM. Duméril, Double.)

CORRESPONDANCE.

M. **Millet** écrit qu'il s'est mis en mesure de répéter ses expériences sur la *coloration* et la *conservation des bois*, et prie MM. les Commissaires chargés de l'examen d'une Note qu'il avait précédemment adressée à ce sujet, de vouloir bien assister à ces expériences, qui se font dans le parc de Mousseaux.

M. **Coulier** adresse un fragment d'*os fossile* qui paraît être le corps d'une vertèbre dorsale de *rhinocéros*.

Ce fragment a été trouvé dans une couche de sable à vingt pieds de profondeur, dans la propriété de M. Lenoir, rue de Charonne, n° 93.

On engagera M. Coulier, ainsi que la personne qui préside à l'exploitation de cette sablonnière, à faire recueillir les fossiles qui pourraient être mis à découvert dans ces fouilles.

M. **Auguste Comte** annonce qu'il se présente comme candidat pour la chaire d'Analyse supérieure et de Mécanique rationnelle, vacante à l'École Polytechnique, par suite de la nomination de M. Duhamel à la place d'examinateur permanent. M. Comte, à cette occasion, discute la nature des titres auxquels, suivant lui, l'Académie devrait avoir principalement égard quand elle est appelée à présenter des candidats pour une place de professeur.

La longueur de cette lettre semblant devoir prolonger la séance au-delà de l'heure fixée d'avance pour le comité secret, un membre demande que la lecture en soit interrompue. Cette demande, combattue par le membre qui avait demandé lecture de la lettre, mais appuyée par un autre membre, est mise aux voix et adoptée.

M. **Chossat** rappelle à l'Académie qu'il n'a pas encore été fait de rapport sur un Mémoire adressé par lui, l'an dernier, et qui a pour titre : *Recherches expérimentales sur l'inanition.*

La Commission à l'examen de laquelle ce Mémoire avait été renvoyé, sera invitée à hâter son travail.

M. **Passot** prie l'Académie de vouloir bien se faire rendre compte de

plusieurs Mémoires et Notes qu'il lui a successivement présentés et qui ont rapport à une *turbine* de son invention et aux roues hydrauliques en général.

Cette Lettre est renvoyée à la Commission chargée de faire le rapport.

M. **René** sollicite également un rapport sur une Note qu'il a adressée il y a quelques mois concernant les *moyens de diriger les aérostats.*

M. **Ripault** écrit relativement à la *section des tendons* comme moyen de remédier à certaines difformités, et notamment aux défauts de parallélisme des deux axes optiques.

Cette Lettre est renvoyée à l'examen de M. Roux.

M. **Deny de Curis** écrit qu'il est parvenu à obtenir des *chaux hydrauliques* en employant diverses substances qu'on n'avait pas cru jusque-là propres à cet usage; il demande qu'une Commission soit chargée de constater les résultats qu'il a obtenus.

M. Deny de Curis sera invité à exposer, dans une Note suffisamment détaillée, ce qu'il considère comme nouveau dans son mode de fabrication, afin que cette Note puisse être soumise à l'examen d'une Commission.

M. **Salomon** écrit qu'il est parvenu à conserver, sans altération, des reptiles ophidiens en les plongeant pendant deux mois environ dans de l'alcool à 18 degrés, puis les desséchant à l'étuve. Il présente un *orvet* préparé par ce moyen.

M. **Hueck**, qui avait adressé, dans une séance précédente, deux Mémoires imprimés ayant pour titre, l'un, *Du mouvement rotatoire de l'œil*, l'autre, *Du déplacement du cristallin*, envoie un résumé manuscrit de ces deux opuscules.

M. Roux est invité à en faire l'objet d'un rapport verbal.

L'Académie accepte le dépôt de deux paquets cachetés présentés, l'un par M. **Mandl**, et ayant pour suscription : *Recherches sur le sang*; l'autre par M. **Viollet**, avec cette suscription : *Recherches sur la mécanique*, n° 9.

A 4 heures $\frac{3}{4}$ l'Académie se forme en comité secret.

COMITÉ SECRET.

M. **Alex. Brongniart**, au nom de la *section de Minéralogie*, déclare que l'avis de la section est qu'il y a lieu d'élire à la place vacante par suite du décès de M. *Brochant de Villiers.*

L'Académie va au scrutin sur cette question. Il y a 34 oui et 1 non. En conséquence, la *section* est invitée à présenter une liste de candidats dans la prochaine séance. MM. les membres en seront prévenus par lettres à domicile.

La séance est levée à 5 heures $\frac{3}{4}$. F.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

L'Académie a reçu dans cette séance les ouvrages dont voici les titres :

Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des Sciences, 2e semestre 1840, n° 4, in-4°.

Éloge historique de F. Cuvier; par M. FLOURENS, secrétaire perpétuel, lu à la séance publique du 13 juillet 1840, in-8°.

Notice historique sur J.-B. Huzard; par M. BONAFOUS. (Extrait de la *Biographie universelle*, tome 67.) In-8°.

Deuxième Mémoire sur les rapports qui existent entre le Sang, le Pus, le Mucus et l'Épiderme; par M. L. MANDL; in-8°.

Contrefaçon de la Turbine Passot. Procès de Besançon; in-8°.

Revue zoologique, par la Société cuviérienne; juillet 1840, in-8°.

Bulletin de l'Académie royale de Médecine; tome 5, n° 19, in-8°.

Journal de Chimie médicale, de Pharmacie et de Toxicologie; tome 6, août 1840, in-8°.

Journal d'Agriculture pratique, de Jardinage et d'Économie domestique; juill. 1840, in-8°.

Académie royale de Bruxelles. — Bulletin de la séance générale du 6 et du 7 mai 1840, in-8°.

Journal de l'Institut historique; liv. 69—71, in-8°.

Prodromus systematis Ornithologiæ; CAROLI-LUCIANI BONAPARTE, Muxiniani principis; in-8°.

Prodromus systematis Herpetologiæ; par le même; in-8°.

Morphologia Fluidorum pathologicorum, tomi primi pars prima; auctore DAVID GRUBY; Vienne, 1840, in-8°.

Philosophical.... *Transactions philosophiques de la Société royale de Londres, pour l'année* 1840; partie 1re, in-4°.

Proceedings.... *Procès-Verbaux de la Société royale de Londres*; nos 42—44 (27 fév. au 18 juin 1840); in-8°.

The quarterly Rewiew; n° 131, juin 1840, in-8°.

The London.... *Magasin philosophique et Journal de Sciences de Londres et d'Édimbourg*; vol. 16e, n° 106, et vol. 17e, n° 107, in-8°.

The Annals.... *Annales d'Électricité et de Magnétisme;* vol. 4^e, mars et avril 1840, in-8°.

The Journal .... *Journal de la Société royale de Géographie;* Londres, vol. 10^e, part. 2, in-8°.

An Introduction... *Introduction à la Théorie atomique, comprenant une esquisse des opinions des Physiciens anciens et modernes les plus distingués relativement à la composition de la matière; par* M. Ch. Daubeny; Oxford, 1840, in-8°.

The Athenæum, journal; n° 150, juin 1840, in-4°.

Astronomische.... *Nouvelles astronomiques de* M. Schumacher; n° 406, in-4°.

Bericht über.... *Analyse des Mémoires lus à l'Académie des Sciences de Berlin, et destinés à la publication;* mai 1840, in-8°.

Namenund.... *Table alphabétique des Comptes rendus de l'Académie royale de Prusse, de* 1836 *à* 1839; in-8°.

Gazette médicale de Paris; n° 31, in-4°.

Gazette des Hôpitaux, n^{os} 89 et 90, in-fol.

L'Esculape, journal des Spécialités; n° 42, 1re année, et n° 1, 2^e année.

Gazette des Médecins praticiens; n° 60.

L'Expérience, journal; n° 161.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES. — JUILLET 1840.

Jours du mois.	9 heures du matin. Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygrom.	Midi. Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygrom.	3 heures du soir. Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygrom.	9 heures du soir. Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygrom.	Thermomètre. Maxim.	Minim.	État du ciel à midi.	Vents à midi.
1	756,20	+21,4		754,95	+25,8		754,29	+26,6		755,22	+19,4		+28,0	+13,3	Nuageux	O. S. O.
2	754,55	+21,1		753,58	+24,9		752,47	+26,2		751,43	+20,4		+28,0	+11,9	Beau	S. O.
3	749,73	+18,4		748,95	+22,0		748,51	+22,8		751,73	+14,2		+23,9	+15,3	Couvert	S. O. fort.
4	755,21	+15,8		756,15	+19,7		756,30	+21,9		756,43	+16,9		+22,7	+10,5	Nuageux	O. assez fort.
5	754,00	+18,1		754,06	+18,0		752,96	+19,5		754,00	+14,9		+19,9	+15,0	Pluie	O.
6	755,17	+16,6		754,57	+19,4		753,06	+20,8		750,24	+14,0		+21,0	+10,9	Couvert	S. O.
7	752,12	+16,7		752,96	+18,7		754,00	+16,8		756,14	+12,6		+21,1	+11,1	Couvert	O. S. O. viol.
8	756,18	+18,0		755,89	+19,9		755,08	+20,2		753,47	+15,4		+20,9	+10,0	Couvert	O. S. O.
9	755,72	+16,2		756,46	+18,8		757,05	+19,4		758,93	+14,0		+21,0	+11,9	Quelques éclaircies	O. S. O.
10	758,77	+17,3		758,03	+19,7		757,39	+16,2		757,09	+14,5		+21,8	+ 9,5	Très nuageux	O. S. O.
11	756,55	+16,6		756,29	+18,8		755,98	+18,2		756,79	+13,0		+18,9	+11,5	Nuageux	N.
12	756,66	+19,0		755,95	+19,1		755,81	+17,9		756,12	+11,0		+22,0	+10,4	Nuageux	O. N. O.
13	755,48	+14,0		755,25	+17,4		755,78	+15,8		758,53	+13,1		+18,0	+ 8,4	Nuageux	O. N. O.
14	762,91	+14,[illegible]		762,87	+17,5		763,19	+17,6		764,79	+15,6		+19,4	+ 7,9	Très nuageux	N.
15	765,40	+19,1		764,51	+20,4		763,22	+22,3		762,70	+18,6		+24,2	+ 9,0	Beau	N. O
16	761,12	+22,8		759,34	+24,2		757,54	+26,4		755,91	+20,0		+28,2	+11,0	Beau	E. S. E.
17	756,47	+18,0		756,18	+19,9		755,45	+21,4		756,13	+15,8		+23,0	+12,6	Eclaircies	O.
18	754,70	+15,5		753,79	+21,1		753,24	+24,2		753,20	+21,3		+24,2	+11,8	Couvert	O.
19	751,90	+20,0		751,06	+24,4		747,74	+27,2		747,90	+18,6		+29,1	+16,0	Vaporeux	S.
20	748,45	+19,9		749,01	+22,4		749,37	+22,4		749,37	+18,0		+23,0	+14,1	Couvert	S. O.
21	749,15	+19,7		749,51	+21,9		749,88	+21,2		752,00	+14,1		+22,3	+14,0	Couvert	S. O.
22	753,29	+18,8		753,23	+21,9		754,08	+18,3		755,76	+14,1		+23,8	+10,4	Très nuageux	S. O.
23	758,59	+17,0		758,58	+19,4		758,66	+20,0		760,16	+16,0		+22,2	+10,3	Très nuageux	O.
24	759,97	+19,7		758,82	+22,9		758,14	+20,5		757,38	+17,4		+23,8	+13,0	Couvert	O.
25	755,56	+16,1		755,11	+17,8		753,98	+19,6		751,48	+16,8		+20,9	+12,4	Couvert	S. S. O.
26	749,19	+14,7		748,62	+14,3		748,65	+17,0		750,33	+13,7		+18,3	+13,4	Pluie abondante	S.
27	753,65	+14,4		754,51	+18,4		754,57	+16,3		757,16	+14,8		+18,9	+11,4	Couvert	O.
28	760,32	+18,4		759,18	+20,5		760,21	+20,4		761,00	+17,0		+21,0	+10,5	Très nuageux	O. O. S
29	761,97	+19,8		761,78	+21,8		761,50	+23,1		761,54	+20,1		+24,3	+15,4	Nuageux	O.
30	761,24	+23,1		759,48	+25,2		758,63	+25,2		759,12	+19,3		+27,8	+14,1	Couvert	E
31	759,55	+17,3		759,27	+20,3		758,85	+22,4		760,48	+16,5		+23,6	+15,4	Couvert	O. N. O.
1	754,76	+18,0		754,56	+20,7		754,11	+21,0		754,47	+15,6		+22,8	+11,9	... Moy. du 1er au 10	Pluie en centim.
2	756,96	+17,9		756,42	+20,5		755,76	+21,3		756,14	+16,5		+23,0	+11,3	... Moy. du 11 au 20	Cour. 3,597
3	756,59	+18,1		756,19	+20,4		756,10	+20,4		756,95	+16,3		+22,4	+12,8	... Moy. du 21 au 31	Terr.. 3,245
	756,12	+18,0		755,74	+20,5		755,35	+20,9		755,89	+16,2		+22,7	+12,0	.... Moyennes du mois....	+17,3

COMPTE RENDU

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 10 AOUT 1840.

PRÉSIDENCE DE M. PONCELET.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** présente le XVII^{e} volume des Mémoires de l'Académie dont l'impression vient d'être achevée.

ZOOLOGIE. — *Note sur une nouvelle forme de branchies, découverte dans une espèce de Crustacé décapode macroure, qui devra former le type d'un genre nouveau* (*Aristeus antennatus*, Nob.); *par* M. **Duvernoy**.

« Si je prends la liberté de fixer un instant l'attention de l'Académie sur un simple fait d'organisation, c'est que ce fait se rattache, d'un côté, à un principe de physiologie que j'ai cherché à établir dans mes Mémoires précédents, *relativement au degré d'influence que doivent avoir la forme et la structure des branchies des crustacés sur leur séjour, et jusqu'à un certain point sur leur distribution géographique;*

» C'est que, de l'autre, ce même fait soulève une question intéressante *sur le degré d'importance que ces différences de forme et de structure peuvent présenter, pour la classification de ces animaux, dans la méthode naturelle.*

» Qu'on me permette de rappeler d'abord que les branchies des *crus-*

tacés se composent de lames plates ou vésiculeuses, ou de tubes simples ou ramifiés, dont l'arrangement peut varier beaucoup.

» Ces formes simples, ou plus ou moins divisées, étendent à proportion de ces divisions, toutes choses égales d'ailleurs, les surfaces respirantes. Elles ne peuvent manquer d'avoir une certaine influence sur la nature de ces animaux.

» Il est indubitable que tous les *crustacés* qui peuvent spontanément vivre à terre, mais toujours dans un air humide, ont des branchies composées de larges lames, qui sont préservées de l'action desséchante de l'air, par l'eau que ces lames retiennent entre elles.

» Ajoutons, qu'outre cette forme protectrice contre la dessiccation, il y a toujours, dans ce cas, un mécanisme particulier qui permet à l'animal de retenir une certaine quantité d'eau autour de ses branchies, et qui ne donne accès, dans la cavité qui les renferme, qu'à de faibles portions d'air humide.

» C'est à la catégorie des branchies en tubes, qu'appartiennent celles du décapode macroure que je vais faire connaître.

» Cette espèce m'a été envoyée de Nice par M. *Risso*, comme vivant dans les grandes profondeurs de la mer. C'est, je pense, le *Pénée aux longues antennes* du même naturaliste, *Penœus antennatus*, Risso, que Latreille présumait devoir être réuni avec le *Pénée de mars*, dans la seconde division de ce genre, caractérisée par des antennes intermédiaires terminées par de longs filets. (*Règne animal*, t. IV, p. 92.)

» Mais l'espèce en question n'a qu'un des deux filets des antennes intermédiaires extrêmement long; tandis que l'autre est resté fort court.

» Un autre caractère, beaucoup plus important, est celui que m'ont offert les branchies.

» Au lieu d'être lamelleuses et penniformes, comme celles de la famille des *Salicoques*, à laquelle le genre *Pénée* appartient; comme celles du *Pénée caramote* en particulier, espèce type de ce genre; ce sont des branchies d'une forme nouvelle, que je désignerai sous le nom de rameuse.

» Cette forme, que je n'ai encore rencontrée, dans tous ses détails, chez aucun crustacé, se rapporte cependant à la forme tubuleuse, ainsi que je l'ai déjà annoncé. Mais ces tubes ne sont pas arrangés comme les soies d'une brosse, ainsi que cela se voit dans le *Homard*, etc.; ils ne sont pas disposés en panache, comme dans l'*Écrevisse de rivière;* ni en jeu d'orgue, comme dans les *Squilles*.

» Chaque branchie du crustacé en question se compose d'une tige prin-

cipale, qui s'étend dans toute la longueur du double cône branchial. De cette tige partent de chaque côté, à angle droit, un certain nombre de branches qui se courbent en demi-cercle, et dont les extrémités libres se rencontrent ou se rapprochent beaucoup, dans la plus grande partie de l'étendue de la face externe de la branchie. Il n'y a que celles des sommets des deux cônes, ou des deux bouts de la branchie qui restent droites et étalées.

» Des faisceaux de rameaux et de ramuscules très courts et très rapprochés les uns des autres, garnissent, surtout extérieurement, toute l'étendue de ces branches.

» Chaque branchie disposée verticalement, ou à peu près, à l'axe du corps, est ainsi un rameau très divisé, dont les branches forment un cylindre creux, à travers lequel l'eau doit circuler et filtrer pour l'hématose, que cette extrême division favorise.

» Cette admirable disposition me semble propre à compenser, en partie, les effets, sur la respiration, d'une eau moins aérée; celle des grandes profondeurs de la mer que cet animal habite.

» Joignez à cela l'accès facile de l'eau dans la cavité branchiale, sous toute l'étendue du bord constamment baillant de la carapace, sans le secours du mécanisme ordinaire de la respiration, dont le peu de développement ou la faiblesse des pièces principales (la valvule bimaxillaire, les lames interbranchiales), montrent, dans ce cas, l'emploi nul ou très secondaire.

» Cette nouvelle forme de branchies, entièrement différente d'ailleurs des branchies des *Salicoques*, qui sont lamelleuses et penniformes, ainsi que je l'ai déjà exprimé et que j'ai pu le vérifier dans une bonne partie des genres de cette famille (1), obligera les naturalistes systématiques d'en extraire cette espèce, ou de réformer, sous ce rapport, le caractère de la même famille; tel du moins qu'il a été établi dans l'ouvrage à la fois le plus récent et le plus complet sur cette partie de la zoologie (2).

» Je propose, du moins, de faire de cette espèce le type d'un nouveau genre, sous le nom d'*Aristée* (*Aristeus*). Elle conserverait le nom spécifique que M. *Risso* lui a donné : ce serait l'*Aristée aux longues antennes* (*Aristeus antennatus*, Nob.)

» Je joins à cette *Note* la description détaillée de ce genre nouveau, avec

(1) Les genres *Crangon* et *Pentophile; Athanase* et *Hyménocère; Palémon, Lismate* et *Rhynchocinète; Pénée* et *Pasiphaé; Alphée.*

(2) *L'histoire naturelle des Crustacés;* par M. Milne Edwards. Paris, Roret, t. I, 1834; t. II, 1837.

trois *planches* qui feront comprendre ses caractères, particulièrement ceux relatifs à la structure de ses branchies. »

Sur la demande de l'auteur, ce Mémoire est renvoyé à l'examen d'une Commission.

(Commissaires, MM. Duméril, Audouin, Milne Edwards.)

M. **Milne Edwards** fait hommage à l'Académie du 1er volume de la 2e édition de ses *Éléments de Zoologie*.

M. **Puissant**, au nom de M. le général *Pelet*, directeur du dépôt de la Guerre, présente douze feuilles de la nouvelle Carte de France. (Voir au *Bulletin bibliographique*.)

RAPPORTS.

BOTANIQUE. — *Rapport sur un Mémoire de M.* **Payer**, *intitulé :* Essai sur la nervation des feuilles dans les plantes dicotylées.

(Commissaires, MM. A. de Saint-Hilaire, de Jussieu, de Mirbel rapporteur.)

« Un jeune homme, M. Payer, a présenté dernièrement à l'Académie un *Essai sur la nervation des feuilles dans les plantes dicotylées*. MM. de Saint-Hilaire, de Jussieu et moi nous avons été chargés de vous présenter un rapport sur ce travail : nous venons nous acquitter de ce devoir.

» Le but de l'auteur était d'étudier, 1° l'origine des nervures de la feuille ; 2° les variations qu'elles éprouvent dans leur nombre ainsi que dans leur position, en parcourant le pétiole ; 3° leurs manières diverses de se ramifier dans la lame. Voici, en résumé, comment M. Payer répond à ces trois questions :

» L'origine des nervures de la feuille ne peut être l'objet d'un doute. Elles proviennent des faisceaux fibro-vasculaires du cylindre ligneux du rameau. Au lieu de continuer à s'allonger en ligne droite, concurremment avec les autres, ces faisceaux s'inclinent et proviguent vers le point de la circonférence où naît la feuille, dont ils deviennent une partie essentielle. Généralement parlant, les autres faisceaux du cylindre ont le même sort. La défection de chaque faisceau occasionne momentanément une brèche

dans le cylindre. Au sommet de l'angle que forme le faisceau avec le cylindre, naît le bourgeon que Philippe de La Hire considère, non sans fondement, comme un nouvel individu engendré par l'ancien.

» M. Payer, tout en assignant aux nervures une seule et même origine, a soin de faire remarquer que cette origine se présente sous trois modes distincts, savoir : l'*unitaire,* lorsqu'un seul faisceau fibro-vasculaire donne naissance aux nervures ; le *ternaire,* lorsque trois faisceaux concourent à leur formation ; le *circulaire,* lorsque les faisceaux qui sont appelés à les produire partent de tout le pourtour du cylindre ligneux.

» Nous nous abstenons de citer ici une foule d'observations de détail, recueillies avec une patience vraiment exemplaire, et nous passons à l'organisation vasculaire du pétiole.

» Il arrive souvent que, sans éprouver la moindre modification, les faisceaux qui se sont séparés du cylindre ligneux parcourent le pétiole depuis sa base jusqu'au point où il entre dans la lame de la feuille. Mais souvent aussi, chemin faisant, chaque faisceau se divise dans le pétiole en trois filets qui, tantôt restent dans le plan où s'est placé le faisceau principal, et tantôt se distribuent dans des plans différents.

» C'est en cet état de division ternaire que les faisceaux prennent possession de la lame de la feuille et reçoivent le nom spécial de nervures. Quand la feuille est plane, ce qui a lieu dans la grande généralité des espèces, les trois nervures, résultant de la division de chaque faisceau, peuvent affecter deux dispositions différentes, savoir : la *digitée* et la *pennée.* La première consiste en ce que les nervures suivent d'abord, toutes trois ensemble, la direction du faisceau originel, mais que, parvenues à une certaine hauteur, tandis que la nervure médiane se maintient dans la voie où elle est engagée, les deux autres nervures s'en écartent sous le même angle, l'une à droite, l'autre à gauche. La seconde consiste en ce que les trois nervures suivent aussi, au début, la direction du faisceau originel, mais que plus tard, à des distances égales, elles se courbent d'un même côté, l'une au-dessus de l'autre, de manière à rester à peu près parallèles entre elles.

» M. Payer termine son Mémoire en indiquant la coïncidence qu'il a remarquée entre certaines circonstances du développement des nervures dérivant du mode ternaire et la forme de la lame foliacée.

» Lors, dit-il, que le faisceau fibro-vasculaire médian, dans le cas du mode ternaire, se sépare de l'étui ligneux du rameau avant les deux faisceaux latéraux, on a une feuille simple.

» Si, au contraire, ce sont les deux faisceaux latéraux qui se détachent les premiers, on a une feuille lobée, stipulée, ou même composée.

» Lorsque l'un des deux faisceaux latéraux se sépare avant l'autre et avant le faisceau médian, le côté de la lame correspondant au faisceau hâtif est toujours plus développé.

» Quand, sur la coupe transversale d'un Mérithalle, faite à la hauteur où les faisceaux s'écartent du cylindre fibro-vasculaire, l'arc qui mesure la distance du médian aux deux latéraux est très grand, la feuille est généralement lobée et stipulée.

» Ce travail, dont nous n'avons exposé sommairement que les points principaux, manquait à la science. Il était bon, il était même nécessaire qu'on l'exécutât. M. Payer y a consacré un temps considérable, et il a, ce semble, épuisé la matière. Toutefois, nous devons le dire, les résultats qu'il a obtenus ne sont point de ceux qui commandent le plus impérieusement l'attention. Dans les sciences d'observation il n'est pas sans exemple que le bonheur ait plus de part que le savoir-faire à d'importantes découvertes. Le physiologiste qui a recours à l'anatomie, quelque pénétrant, quelque laborieux qu'il soit, ne saurait tirer d'un sujet que ce qu'il contient. Ce n'est point l'habileté qui a fait défaut chez M. Payer, c'est l'occasion. Sa dissertation si riche de détails, ses dessins si exacts et si nombreux, en sont la preuve. Qu'il poursuive donc ses recherches avec l'ardeur, la persévérance, la maturité de jugement qu'il a montrées dans ce premier essai de ses forces, et nous ne doutons pas qu'un jour il ne prenne un rang distingué parmi les phytologistes. L'encouragement le plus puissant pour lui serait assurément que l'Académie daignât approuver son travail. Votre Commission est d'avis qu'il mérite cette distinction. »

Les conclusions de ce Rapport sont adoptées.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Rapport sur une nouvelle exposition du système des vents ; par* M. LARTIGUE.

(Commissaires, MM. Beautemps-Beaupré, Savary, de Freycinet rapporteur.)

« MM. Beautemps-Beaupré, Savary et moi, nous avons été chargés par l'Académie de l'examen d'un ouvrage de M. Lartigue, capitaine de corvette, relatif à une *exposition d'un nouveau système des vents, en-deçà du 60e parallèle.* Nous nous sommes déjà longuement occupés de ce travail; mais pour le continuer avec tous les soins que son importance exige, il nous resterait encore beaucoup de faits à examiner et à coordonner.

« L'auteur nous a paru avoir réuni et discuté tout ce que, dans les limites annoncées, les navigateurs les plus habiles ont publié de leurs observations et de leurs journaux. La discussion d'une telle masse de faits est immense, surtout lorsqu'on veut en conclure la *théorie nouvelle* dont les principes eux-mêmes ont besoin d'être vérifiés et confrontés à l'expérience.

» Nous nous occupions de la suite de ce travail, lorsque cet officier nous a fait connaître que l'exigence de son service l'obligeait de reprendre prochainement la mer, et qu'il serait satisfait d'apprendre, dès ce moment, l'opinion que l'Académie s'était faite de son ouvrage.

» Desirant concilier les vœux de M. Lartigue avec la tâche laborieuse que nous avons entreprise, nous sommes heureux de pouvoir annoncer, dès ce moment, que l'ouvrage de cet officier est d'une haute portée; que ce que nous en avons vu déjà est la base de tout système, et que ce travail est devenu, pour nous, le gage de la sagacité et de l'instruction de l'auteur. Nous proposons en conséquence à l'Académie de remercier M. Lartigue de la communication qu'il a faite, et de l'engager à compléter sa théorie, en l'étendant autant que possible aux mers polaires; cet ouvrage pourra devenir ainsi, plus tard, l'objet d'un rapport plus important et plus complet. »

Les conclusions de ce Rapport sont adoptées.

HYGIÈNE VÉTÉRINAIRE. — *Quantité d'air nécessaire à la respiration d'un cheval;* Rapport lu dans le Comité secret de la séance du 3 juillet.

(Commissaires, MM. Magendie, Breschet, Poncelet, Boussingault, Chevreul rapporteur.)

« M. le Ministre de la Guerre a consulté l'Académie sur la question de savoir *quelle est la quantité d'air nécessaire à un cheval pendant vingt-quatre heures, en tenant compte de celle qui peut être viciée dans le même temps par les déjections et la litière, ainsi que du renouvellement par la ventilation de l'air de l'écurie où le cheval est enfermé,* afin de pouvoir déduire de cette connaissance *la capacité qu'il faut donner à une écurie pour un nombre déterminé de chevaux, qui devront y rester vingt-quatre heures avec leur litière, sans souffrir du manque d'air et de ce qu'on nomme des miasmes.* Malheureusement la Commission n'a pu se livrer aux expériences directes et nombreuses nécessaires cependant pour résoudre cette question d'une manière définitive dans toute son étendue; elle a donc dû

recourir à la discussion de tous les renseignements et de toutes les observations qui lui ont paru avoir quelque exactitude.

» La quantité d'air que l'on considère généralement comme nécessaire à un cheval dans les 24 heures n'a point été déterminée directement, mais bien d'après le rapport qu'on a établi entre la capacité de la poitrine du cheval et celle de l'homme. On a pris le rapport de 2.5 : 1, et celui de 3 : 1.

» On a donc admis implicitement que dans un temps donné, le nombre des inspirations et des expirations du cheval est le même que celui de l'homme, et enfin on a encore admis assez généralement, que l'air expiré contient environ les 0,06 de son volume de gaz acide carbonique.

» C'est de cette manière que Vogeli a été conduit à admettre que dans les 24 heures un homme consommant de 16 à 20 mètres cubes d'air, un cheval devait en exiger 50 mètres cubes, et c'est conformément à ce résultat, qu'une commission, nommée par l'avant-dernier Ministre de la Guerre, a adopté l'espace de 50 mètres cubes par cheval dans une écurie qu'elle a proposée pour modèle.

» Mais en admettant, comme on le fait assez généralement, que l'air expiré contient les 0,06 de son volume de gaz acide carbonique, il n'est guère possible de se refuser à reconnaître, avec M. Berzelius, que l'on a exagéré la quantité d'acide carbonique produite par un homme pendant 24 heures; c'est ce qui résulte de la comparaison du poids du carbone expiré avec le poids du carbone des aliments pris dans ce même temps. Quoi qu'il en soit, conformément aux données précédentes, on trouve que pour qu'un cheval ne respire qu'une fois l'air qui lui est nécessaire dans les 24 heures, il lui en faut $41^{m.c.},997$. Cette quantité, qui est un *maximum*, est encore inférieure à la quantité de 50 mètres cubes fixée par la commission nommée par le Ministre de la Guerre.

» Si nous calculons maintenant l'espace d'après les données de M. Dumas, c'est-à-dire en admettant, 1° qu'il faut pour l'homme 7632 litres d'air dans les 24 heures; 2° qu'il se produit 267 litres d'acide carbonique; 3° que l'air expiré ne contient pour 100 volumes que $3^{vol.},5$ d'acide carbonique, nous trouvons, en admettant que la poitrine du cheval est à celle de l'homme :: 3 : 1, qu'il faut seulement $22^{m.c.},896$ d'air pour un cheval.

» Mais la supposition que nous avons faite d'une capacité hermétiquement close, qui renfermerait $41^{m.c.},997$ (suivant la donnée de Menzies), ou $22^{m.c.},896$ (suivant la donnée de M. Dumas), ne peut s'appliquer à une écurie dont les portes et les fenêtres sont cependant fermées; car il y a

toujours, dans ce cas même, des interstices aux portes et aux fenêtres par lesquels l'air du dehors peut pénétrer dans l'écurie, tandis que l'air intérieur peut s'en échapper : conséquemment il peut y avoir une véritable ventilation ; et nous ajoutons que cette ventilation tend toujours à s'établir dans une écurie où il y a des chevaux, par la raison que l'air qu'ils expirent, ainsi que celui qui les touche extérieurement, étant plus chaud que l'atmosphère environnante généralement, il s'élève et sort par les interstices de la partie supérieure de l'écurie, tandis que l'air extérieur y pénètre par les interstices inférieurs. Il devient donc évident que 50 mètres cubes d'air par cheval proposés par la Commission nommée par le Ministre de la Guerre, que 41$^{m.c.}$,997 calculés d'après les données de Menzies, que 22$^{m.c.}$,896 calculés d'après les données de M. Dumas, *sont des maximum dont chacun est exagéré de toute la quantité d'air qui peut être renouvelée durant les vingt-quatre heures par la ventilation.*

» L'expérience donne un résultat conforme à cette conclusion. En effet, M. Boussingault, l'un des membres de la Commission de l'Académie, ayant bien voulu, d'après le desir qu'elle lui a exprimé, examiner l'air d'une écurie dont la capacité était de 480$^{m.c.}$, et qui renfermait 16 chevaux depuis douze heures, a reconnu qu'il ne contenait que 0,0023o de son volume de gaz acide carbonique, quantité qui n'excédait que de sept fois celle que contenait l'air pris dans la campagne au même instant. Conséquemment, l'air de l'écurie était loin d'être vicié, puisqu'il était représenté, pour 100 volumes, par

Azote..............	79,00
Oxigène............	20,77
Acide carbonique....	0,23
	100,00

» Enfin, M. Boussingault a reconnu que la litière d'un cheval, mêlée de ses excréments solides et liquides, abandonnée à elle-même à une température de 11 degrés dans une petite écurie bien close, dont les portes et les fenêtres avaient été lutées soigneusement avec de la terre, n'avait, au bout de vingt-quatre heures, communiqué à l'atmosphère ambiante que deux litres de gaz acide carbonique. Si cette quantité ne représente pas tout l'acide carbonique qui a été produit dans les vingt-quatre heures, parce que certainement il y en avait eu de dégagé par la ventilation, il est évident que celle-ci ayant été réduite au minimum, on doit en conclure

que la litière n'avait pas eu d'influence sensible pour vicier l'air de l'écurie.

» Nous pensons, d'après tout ce qui précède, que dans une écurie où l'air se renouvelle convenablement au moyen des portes et des fenêtres, et à plus forte raison au moyen d'une ventilation habilement établie, un cheval ne sera jamais exposé à souffrir du manque d'oxigène atmosphérique, lorsqu'il y trouvera 25 ou 30 mètres cubes d'air. »

Les conclusions de ce Rapport sont adoptées.

NOMINATIONS.

M. le Ministre de la Guerre invite l'Académie à lui désigner trois de ses membres qui, conformément à l'article 43 de l'ordonnance du 30 octobre 1832, feront partie du conseil de perfectionnement de l'École Polytechnique pendant l'année scolaire 1840—1841.

L'Académie procède à un scrutin pour la désignation de ces trois membres. MM. Poinsot, Arago et Thenard réunissent la majorité des suffrages.

L'Académie procède, également par voie de scrutin, à la nomination d'une Commission qui sera chargée de l'examen des pièces adressées au concours pour le prix de Statistique de l'année.

MM. Costaz, Mathieu, Dupin, Savary, Boussingault obtiennent la majorité des suffrages.

MÉMOIRES LUS.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Mémoire sur l'affinité ou puissance de combinaison; par* M. H. Azaïs.

(Commissaires, MM. Becquerel, Babinet, Regnault.)

« Dans la nature, dit l'auteur, une seule cause motrice produit tous les genres de mouvements. Cette cause est l'expansion. Par l'action constante et universelle de cette force unique, chaque corps, quelles que soient ses dimensions et sa position dans l'espace, travaille sans cesse à étendre toute sa substance sur un espace plus grand, par conséquent à écarter les corps

qui l'environnent. Mais à son tour il est soumis, par sa surface, à la réaction également expansive de ces corps environnants; en sorte que l'expansion, considérée dans l'ensemble de l'univers, y tient sans cesse en exercice deux actes généraux balancés l'un par l'autre, l'un ayant pour but de dilater chaque corps de son centre vers sa circonférence, l'autre de condenser chaque corps de sa circonférence vers son centre : le premier, source immédiate du phénomène de la *chaleur;* le second, source immédiate du phénomène de la *pesanteur*. Entre ces deux phénomènes, les seuls immédiats et absolument simples, les seuls fondamentaux, se placent les phénomènes de constitution mixte, ou dans la production desquels les deux phénomènes fondamentaux interviennent à divers degrés d'influence. Parmi ces phénomènes de constitution mixte, l'*affinité* est un des plus multipliés et des plus importants. Guidé par l'expérience et par le principe, nous allons en donner la définition et l'explication.

» Ce mot *affinité*, adopté par les physiciens, est du genre métaphorique; il est emprunté aux penchants humains; mais sa justesse l'ayant consacré, l'ayant rendu technique, il montre combien la langue des sciences positives peut être figurée sans cesser d'être appropriée aux sujets qu'elle doit exprimer : preuve simple et frappante de l'unité de la nature.

» Pour le physicien, l'*affinité* est la *gravitation moléculaire*. Ainsi que la pesanteur, ou gravitation centrale, c'est une action réciproque entre les corps qui l'exécutent. Tel est leur trait essentiel de ressemblance. Mais cette action étant, comme nous l'avons dit, un phénomène de constitution mixte, elle a aussi des traits essentiels de ressemblance avec la chaleur; comme celle-ci, elle ne s'exerce qu'au contact, et elle est indéfiniment variable dans son intensité, tandis que la pesanteur n'amène le contact qu'après avoir commencé d'agir à plus ou moins de distance, et que, d'un autre côté, la pesanteur de tous les corps gravitant vers un même point, celle, par exemple, de tous les corps déposés à la surface du globe, est absolument la même. De plus, les corps pondérables, en s'atténuant, en se divisant, finissent par s'affranchir de l'action de pesanteur, par se rendre *impondérables*. Alors, au contraire, ils se prêtent plus efficacement à l'action de la chaleur et à celle de l'affinité.

» La ténuité des corps est donc une condition nécessaire à l'exercice de l'affinité. Mais cette condition ne suffit pas, puisque, parmi les corps atténués au degré qui les rend impondérables, il en est qui sont ardents à se combiner; d'autres, au contraire, qui se délaissent ou se repoussent.

» Quelle est, dans les corps moléculaires, cette condition d'existence

qui tantôt favorise leur gravitation réciproque, tantôt la rend plus ou moins difficile? Pour le trouver, assistons, par la pensée, à la première apparition d'un corps moléculaire impondérable, que nous savons être éminemment susceptible d'affinité.

» Un globule de lumière, élaboré dans les entrailles du Soleil, jaillit du sein de cet astre; c'est par expansion divergente qu'il est projeté; c'est, par conséquent, dans un état de dilatation qu'il arrive à l'indépendance. Mais, à l'instant précis de son évasion, il rencontre l'irradiation universelle, produit constant de l'expansion générale, milieu à la fois indépendant et mobile, parce qu'il est sans cesse renouvelé, parce que tous ses éléments, venus de tous les points de l'univers, sont sans cesse dans le mouvement croisé le plus vif, le plus rapide, et, pour obéir à l'expansion, puissance nécessairement uniforme, tendent sans cesse à se distribuer uniformément dans l'espace; ce qui les entraîne à cerner, englober, presser, contracter toute la surface des corps qui viennent troubler leur uniforme distribution.

» Mais le globule lumineux, foyer lui-même d'expansion, comme tous les corps de la nature, et foyer très ardent, se trouvant surpris par une contraction forte, subite, réagit subitement contre elle, se dilate au degré même de l'oppression qu'il vient de subir, refoule, à son tour, les agents de cette oppression, agents qui ne reculent un instant que pour revenir aussitôt à la charge, pour presser, contracter de nouveau le globule qui, de nouveau, réagit, se dilate, provoque encore la contraction, aussitôt la repousse, ... en un mot, se constitue en état de *vibration* continue, qu'il conserve pendant toute sa route à travers l'espace, parce que là, et partout où il y a liberté, l'irradiation universelle pénètre, se croise, enveloppe tous les corps non encore réduits à la ténuité de ses éléments, les presse, les contracte, provoque leur réaction expansive.

» Tout rayonnement subtil, traversant l'espace, y est donc sans cesse en alternative de soumission et de domination avec l'irradiation universelle; ce qui rend chacun de ses rayons intermittent. Ainsi se concilie la théorie de Newton, de Laplace, de Biot, sur la propagation de la lumière, avec celle d'Euler, de Fresnel, d'Arago; elles sont vraies l'une et l'autre. L'émission des fluides subtils par voie de rayonnement, et l'ondulation, ou, plus exactement, la vibration continue de chacun de leurs rayons, sont deux faits inséparables.

» Newton d'ailleurs, en observant, en calculant les *accès alternatifs de facile réflexion et de facile transmission de la lumière,* avait déjà donné la

démonstration expérimentale et mathématique de son état constant de vibration. Postérieurement, le microscope a montré que cet état de vibration constante est également essentiel aux molécules détachées, par la macération, des fibres organiques végétales ou animales, et aux débris des corps inorganiques, tels que le verre, le granite, le porphire, fortement pulvérisés. Enfin, l'acte physiologique le plus important atteste que l'homme, et chacun des êtres vivants des espèces élevées, obéissent manifestement et sans cesse à cette puissance de vibration. Chacun, en effet, *respire*, c'est-à-dire alternativement se dilate, se contracte, et chacun s'est constitué être respirant, comme le globule lumineux s'est constitué être vibrant; l'enfant humain, par exemple, jaillit du sein de sa mère expansivement, par conséquent en état de dilatation. Mais, dès l'instant de son évasion, il est cerné, pressé, contracté par le fluide atmosphérique; il crie, réagit, se met avec le fluide même en alternative permanente de soumission et de prépondérance.

» Partout, dans l'univers, la pulsation périodique s'effectue, se soutient, imprime la *vie*, la caractérise. La vie est ainsi l'un des fruits essentiels, universels, de l'expansion universelle; c'est le phénomène majeur de constitution mixte, sans cesse produit par le balancement continu des deux phénomènes fondamentaux, des deux actions primordiales, générales, dont l'une travaille sans cesse à dilater les corps, l'autre à les condenser, et qui, dans l'ensemble de la nature, se tiennent toujours en équilibre.

» Ainsi s'éclaircit d'avance le plus important mystère. C'est maintenant le mécanisme de l'affinité qui va s'éclaircir. Nous allons entrevoir l'agent direct de la nutrition vitale, de la respiration vitale, de la génération vitale, de tous les actes organiques, qui, tous, sont des actes de vibration, des actes d'affinité. Observons et réfléchissons.

» Tout corps moléculaire, disons-nous, vibre sans cesse. Mais l'amplitude de vibration des corps moléculaires est-elle universellement la même? Cela ne peut être; car la masse de ces corps est indéfiniment variée, et le principe, ainsi que l'expérience, démontrent que moins un corps moléculaire a de masse, plus sa vibration doit être rapide, car son obéissance à l'expansion propre qui le dilate, et à l'expansion étrangère qui le contracte, ne peut être que d'autant plus prompte qu'il a moins de matière à offrir à cette double impulsion. On voit aussi que tout corps élastique de dimensions appréciables, tout tuyau d'orgue, par exemple, que la percussion du souffle qui le traverse rend sonore, vibre avec une vitesse qui

s'accélère proportionnellement à la diminution que l'on fait éprouver à sa longueur ou à son diamètre.

» Répétons maintenant que la force unique et universelle, que l'expansion, est nécessairement, par elle-même, une puissance uniforme dans son action; par conséquent, elle tend sans cesse à distribuer uniformément dans l'espace la matière et le mouvement. Nous voyons aussi que l'eau et tous les liquides, le calorique et tous les fluides subtils, travaillent sans cesse à occuper uniformément tous les points de l'espace qui leur est accordé.

» Mais cette impulsion universelle vers l'uniformité devient lente et difficile lorsqu'elle s'applique à des corps moléculaires, venus de sources différentes, et très disparates entre eux de masse et de vibration. Si, au contraire, lancés vers le même espace, ces corps moléculaires sont égaux de masse, par conséquent isochrones de vibration, la puissance d'uniformité n'a d'autre soin à prendre que de les entremêler également, paisiblement; son ouvrage s'accomplit sans tâtonnements, sans désordre; aucun effort ne le rend apercevable.

» Entre ces deux extrêmes, l'un d'homogénéité parfaite, engendrant langueur, monotonie; l'autre d'hétérogénéité très considérable, engendrant très forte difficulté, il est évidemment un nombre indéfini de termes intermédiaires à chacun desquels correspond un degré plus ou moins avancé de facilité dans l'action de la puissance d'uniformité.

» Quel est le terme d'hétérogénéité qui résiste le moins à la puissance d'uniformité, ou qui se prête le plus aisément à la combinaison réciproque? C'est évidemment celui de deux ordres de corps moléculaires constitués de manière à ce que les uns ne fassent qu'une vibration, tandis que les autres, deux fois plus petits de masse, mais deux fois plus nombreux, font deux vibrations dans le même temps : là, manifestement, se trouvent les rapports les plus favorables à l'établissement de l'harmonie.

» Et si, dans un autre groupe binaire, les rapports de masse et de vibration sont représentés par le rapport numérique de 2 à 3, la combinaison réciproque, un peu moins prompte, s'établit cependant encore avec beaucoup de facilité. Si la simplicité du rapport des vibrations diminue encore, s'il est représenté par celui du nombre 3 au nombre 4, la combinaison deviendra encore un peu moins rapide; cependant elle sera facile encore.

» Mais si le rapport des vibrations respectives continue à s'éloigner de la simplicité mathématique, s'il en vient à ne plus pouvoir être représenté que par des rapports numériques graduellement plus disparates, tels que

13 à 17, 19 à 33, 42 à 65, à de telles conditions, la puissance d'uniformité rencontrera une difficulté graduellement croissante; elle finira par ne plus pouvoir la vaincre qu'à force de temps, de tiraillements et d'efforts.

» Ce que nous venons de tracer, c'est un tableau d'acoustique. Si deux ordres de sons, jetés dans le même espace, sont en rapports de vibrations mathématiquement simples, leur combinaison est prompte, facile; elle engendre *harmonie*. Si, au contraire, les rapports de leurs vibrations sont éloignés et confus, il y a lutte et discordance, au lieu de concert et de combinaison.

» Mais ce tableau des concurrences sonores est-il en même temps celui des concurrences chimiques? Nous n'en pouvons douter. En effet, l'affinité musicale la plus harmonique, la plus facile à obtenir, est celle de tout son tonique avec son octave; et, pour produire en concurrence ces deux sons, il faut frapper ensemble deux corps sonores, l'un double en volume de l'autre, pour cette raison l'un ne faisant qu'une vibration tandis que l'autre en fait deux; pour cette raison encore, l'émission moléculaire du premier, deux fois moins rapide, mais deux fois plus grave, étant nécessairement deux fois moins nombreuse, s'étendant sur un espace deux fois moins grand.

» Or, en chimie, l'affinité réciproque la plus complète, la plus facile à obtenir, est celle de deux masses de gaz, l'un oxigène, l'autre hydrogène, produits en concurrence par les deux pôles d'une même pile de Volta; et de ces deux masses gazeuses, dont l'équilibre magnétique est rigoureusement exact, l'une, la masse hydrogène, est cependant double en volume de la masse oxigène; ce qui atteste que sa production a marché deux fois plus vite, ou que ses composants ont deux fois plus de ténuité. Le rapport des deux gaz est donc le même que celui des deux sons à l'octave l'un de l'autre; la facilité de l'affinité fondamentale en chimie s'explique donc par la même cause que la facilité de l'affinité fondamentale en musique; le gaz tonique, le gaz oxigène, a pour octave le gaz hydrogène; et voici ce qui complète la démonstration.

» En chimie, si dans un composé binaire, tel que l'acide acétique, on élimine l'hydrogène, et si on le remplace par l'oxigène, on obtient un nouveau composé, essentiellement semblable au composé précédent, mais dont les propriétés chimiques sont plus prononcées. En musique, si, dans un accord binaire, on prend pour base un son fixe, le son *sol* par exemple, et si on le combine, d'abord avec un son *ut* à l'octave supérieure, ensuite avec le même son *ut*, porté à l'octave inférieure, dans le premier

cas on produit l'accord de quarte *sol-ut*, dans le second cas l'accord de quinte *ut-sol*. Ces deux accords jouent le même rôle dans l'harmonie; seulement l'accord de quinte est plus ferme, plus consonnant.

» D'une telle similitude entre des faits d'importance majeure, les uns en chimie, les autres en musique, découle une théorie commune à la musique et à la chimie. En voici le résumé :

» En chimie, comme en musique, l'acte d'affinité réciproque à son degré parfait, est le fruit immédiat de la concordance parfaite, de la concordance selon le rapport croisé de 1 à 2, entre les vibrations des corps moléculaires jetés dans le même espace. De ce terme, de ce rapport le plus simple, l'affinité réciproque entre corps moléculaires s'affaiblit progressivement, selon que le rapport entre leurs vibrations respectives diminue de simplicité mathématique. Lorsque ce rapport est devenu disparate à un certain degré, il n'y a plus de sympathie réciproque, plus d'affinité; chacun des corps que l'on cherche à combiner s'y refuse d'autant plus que, surtout en chimie, où tous les mouvements ont beaucoup moins de vivacité qu'en musique, chaque corps moléculaire, repoussé ou délaissé, trouve nécessairement, dans son voisinage et à sa portée, d'autres corps moléculaires dont les vibrations sympathisent avec les siennes; il s'attache de préférence à ceux qui, eux-mêmes, s'attachent à lui le plus aisément.

» De là découle cette loi d'expérience générale : en quelque genre de combinaison que ce puisse être, il n'y a succès facile que par la simplicité des rapports.

» Que cet axiome nous guide dans l'étude des faits dont la nature se compose; elle ne peut les avoir combinés que sous leurs rapports les plus simples. De leur côté les rapports les plus simples ne peuvent être que les rapports les plus généraux. Or, dans les œuvres très composées, l'unité absolue est le degré suprême de la simplicité : c'est donc à l'unité absolue du principe qui produit tous les faits, et de la loi qui en règle tous les rapports, que l'œuvre la plus étendue, la plus composée, que l'œuvre universelle doit sa stabilité et son harmonie.

» La recherche de ce principe et de cette loi est, depuis cinquante ans, l'effort de ma pensée. Dans ma persuasion, cet effort n'a pas été stérile. On ne conteste plus, ce me semble, que l'expansion ne soit le principe de tous les mouvements, et que la loi qui en règle l'exercice ne soit le balancement continu de tous les effets que l'expansion entraîne. La vérité universelle est là dans ses bases et son ensemble. Toute grande découverte particu-

lière n'est jamais qu'un de ses développements. Citons à cet égard un frappant et récent témoignage.

» A l'une des séances de l'Académie, le mois dernier, de graves documents géologiques et historiques sont venus confirmer, par l'organe de M. Édouard Biot, la théorie expansive du *soulèvement :* théorie qui représente le globe terrestre comme agité, depuis sa naissance, du besoin de s'étendre indéfiniment dans l'espace, d'y faire explosion! Pourquoi n'y parvient-il pas? Quelle résistance extérieure le réduit à ne pouvoir faire que des efforts difficiles? Au-dessus de lui, et autour de lui, il n'y a que des globes, et ils sont si éloignés!

» Mais tous ces globes sont, comme celui de la terre, expansifs et rayonnants; mais de leur rayonnement continu résulte, autour de la terre, une irradiation croisée, qui presse en tout sens la surface terrestre, la contracte, la condense, la rend dure à gonfler, à soulever, à ouvrir, ne laisse passer avec facilité que le rayonnement subtil émané du centre, rayonnement qui, à son tour, va concourir à la répression, à la conservation des globes environnants.

» Ainsi, c'est par leur lutte réciproque que les globes voisins entre eux se prêtent mutuellement secours! Combinaison simple et salutaire! Que notre globe s'en affranchisse; que, par son expansion propre, il domine l'expansion environnante, que devient-il? Ce que, sur notre terre même, deviendrait un peuple vainqueur de tous les autres : il se dissoudrait à l'instant.

» *Expansion en équilibre!* tel est donc le mot de la grande énigme; il répond à tous les genres de phénomènes, puisqu'il exprime l'impulsion initiale qui est à la source de tous les genres de mouvements.

» Que l'esprit humain, si avide de tout comprendre, prenne donc ce principe pour guide et pour flambeau; il marchera avec clarté, avec fermeté, dans l'exploration de la vérité universelle. Plus de tâtonnements, plus d'hypothèses vagues et incertaines. Nécessairement, ce que le principe explique, il l'atteste; toute investigation qu'il dirige ne peut conduire qu'à la démonstration, ou même à l'évidence.

» C'est ce qui attache ma conviction au Mémoire que je viens de lire. Tout y découle de l'expansion en équilibre.

» Je présente mon ouvrage à l'Académie; j'invoque son jugement. Elle seule, aujourd'hui, peut donner aux vérités que j'expose une sanction imposante, parce que seule, aujourd'hui, elle a de l'autorité sur l'opinion. Dans le siècle actuel, c'est le droit de la science. »

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

MINÉRALOGIE. — *Description de la Greenovite; par* M. **Dufrenoy**.

(Extrait.)

« La découverte de cette substance, composée de titane et de manganèse, remplit une lacune dans le tableau général des minéraux. Jusqu'à présent, en effet, la chrictonite est le seul titanate connu, et sa détermination, comme espèce, laisse encore quelque chose à desirer....

» La greenovite a été trouvée dans le gisement de manganèse de Saint-Marcel, en Piémont, enclavée dans le terrain cristallin, probablement métamorphique. Elle forme des petites veinules roses qui courent irrégulièrement dans la masse; elle est accompagnée d'épidote, de grenats manganésifères et de quartz. Nous devons la découverte de cette substance à M. Bertrand-le-Long qui depuis plusieurs années explore, sous le rapport minéralogique, les environs de Saint-Marcel, avec une grande persévérance et beaucoup de soin. Il avait cru que la greenovite était un silicate de manganèse, et c'est sous ce nom qu'il l'avait cédée à plusieurs collections de Paris.

» Cependant, la mesure des angles du minéral rose de Saint-Marcel ne pouvant s'accorder ni avec la forme des silicates connus, ni avec la cristallisation du sphène, auquel il ressemble par ses caractères extérieurs, je fis quelques essais au chalumeau qui m'apprirent qu'il contenait du titane et du manganèse; j'avais cru y reconnaître en outre de la silice.

» J'ai prié M. Cacarrié, élève ingénieur des Mines, d'en faire l'analyse. Il a trouvé que ce minéral est composé essentiellement de titane et de manganèse. Quant à la silice, elle est le produit de petits filets de quartz interposés entre les lames de la greenovite.

» Les différences essentielles que présente ce nouveau minéral, avec tous ceux actuellement décrits, en font une espèce distincte que j'ai désignée sous le nom de *Greenovite*, en l'honneur de M. Greenough auquel nous devons la belle carte géologique d'Angleterre.

» La greenovite se trouve en cristaux, et en petites masses cristallines amorphes; elle possède un clivage triple assez facile, qui en détermine la forme primitive; les deux clivages parallèles aux faces verticales, et qui font entre eux un angle de 110° 35′, sont nets et miroitants. »

Le Mémoire de M. Dufrenoy est renvoyé à l'examen de la section de Minéralogie.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Nouvelle machine à air; par* M. L. FRANCHOT.

(Extrait par l'auteur.)

(Commissaires, MM. Savary, Poncelet, Coriolis, Pouillet, Séguier.)

« La machine à air que nous soumettons au jugement de l'Académie a pour fonctions :

» 1°. De déterminer de *rapides* changements de température dans une masse constante d'air, ou de gaz quelconque, en vase clos; 2° de mettre à profit, comme force motrice, la dilatation et la contraction alternative de cette masse d'air.

» Nous obtenons économiquement des changements de température aussi rapides que complets dans le fluide gazeux, en le faisant passer successivement d'une chambre chaude à une chambre froide, *et vice versâ,* par un canal dont les surfaces sont multipliées en raison de la masse de gaz en mouvement.

» Il résulte effectivement de ce procédé que l'air chaud, après sa dilatation dans la chambre chaude, dépose successivement, emmagasine, en quelque sorte, son calorique dans le canal qui le conduit à la chambre froide, et qu'après s'être contracté dans cette seconde capacité, par suite de son refroidissement et du jeu de la machine, il reprend (en grande partie), par son retour à la chambre chaude, le calorique qu'il avait déposé dans le canal intermédiaire.

» Notre procédé de déplacement, qui offre des avantages faciles à saisir, ne peut être mis en usage dans les machines à vapeur; c'est pourquoi on rejette, en pure perte, la vapeur dans l'atmosphère ou dans l'eau de condensation, alors qu'elle conserve encore des quantités de chaleur que l'on pourrait utiliser.

» La dépense de combustible qui résulterait de l'emploi de l'air comme force motrice dans les circonstances que nous venons d'indiquer sommairement, pourra être calculée *à posteriori;* mais, dès à présent, nous avons cherché à la supputer *à priori,* en admettant que, par nos procédés, il y eût un emmagasinement, un retour complet du calorique non dépensé, et en faisant abstraction des pertes dues au rayonnement, etc.

» Il est évident que, dans cette hypothèse, la dépense se réduirait à l'absorption de chaleur que la dilatation du gaz employé déterminerait;

c'est-à-dire que l'on réaliserait alors la première des conditions du maximum d'effet utile du combustible.

» Nous disons la première des conditions du maximum, parce que l'on doit tenir compte encore de la différence de température qui existe entre le gaz pendant sa dilatation et le même gaz pendant sa contraction; et que pour une dépense égale en calories, l'effet dynamique produit est d'autant plus considérable que cette différence est plus grande, c'est-à-dire que l'on a pris le calorique à une température plus voisine de celle du foyer dont il émane, pour le transporter au réfrigérant par l'intermédiaire du gaz moteur.

» C'est ce que S. Carnot nous paraît avoir démontré dans un petit ouvrage, qui a pour titre: *Réflexions sur la puissance motrice du feu*, dans lequel l'auteur établit en outre que la puissance motrice de la chaleur est indépendante des agents, gaz ou vapeurs, mis en œuvre pour la réaliser.

» A ce point de vue, la vapeur d'eau n'utilise que des différences de température de 60 à 70 degrés dans les machines ordinaires à haute ou à basse pression; et comme la détente est toujours très incomplète dans ces machines (ce qui revient à dire qu'elles consomment une quantité de chaleur de beaucoup supérieure à celle qui est absorbée par la dilatation), on conçoit que les machines à vapeur ne permettent de réaliser qu'une minime fonction de la puissance motrice absolue de combustible.

» Or, comme nous pouvons utiliser, avec nos appareils, des différences de température de 300 degrés, et, en outre, satisfaire très approximativement à la première condition du maximum que nous avons déterminée, nous espérons, en remplaçant la machine à vapeur de Watt par notre machine à air perfectionnée, réaliser une économie de combustible qui pourrait aller jusqu'aux neuf dixièmes, mais que nos expériences, très incomplètes d'ailleurs, nous donnent le droit de porter aux trois quarts.

» Pour prévenir quelques objections, nous dirons que nous évitons absolument, par le dispositif de nos appareils, le contact de l'air chaud avec toute surface flottante rodée ou ajustée, etc.; car ce contact a été l'écueil des machines à air qu'on a tenté de réaliser avant nous.

» Nous ferons observer également que, si l'air prend beaucoup moins de volume que l'eau convertie en vapeur pour la même élévation de température, nous obtenons, par sa compression préalable et par la rapidité avec laquelle il change de température dans notre machine (cela est un fait acquis par nos expériences), nous obtenons avec des appareils moins volumineux un effet dynamique équivalent à celui que l'on tire de

la vapeur d'eau; car, en définitive, la puissance d'une machine est déterminée par la pression p sous laquelle s'engendre le volume v pendant le temps t, c'est-à-dire par $\frac{pv}{t}$. »

CHIMIE APPLIQUÉE. — *Note sur un moyen de fixer les images photographiques; par* M. H. FIZEAU.

(Extrait.)

(Commissaires, MM. Arago, Dumas, Pelouze.)

« Depuis la publication des procédés photogéniques, tout le monde et M. Daguerre le premier a reconnu que quelques pas restaient encore à faire pour donner à ses merveilleuses images toute la perfection possible, je veux parler de fixer les épreuves et de donner aux lumières du tableau plus d'intensité.

» Le procédé que je soumets à l'Académie me parait destiné à résoudre en grande partie ce double problème; il consiste à traiter à chaud les épreuves par un sel d'or préparé de la manière suivante:

» On dissout un gramme de chlorure d'or dans un demi-litre d'eau pure, trois grammes d'hyposulfite de soude dans un demi-litre d'eau pure. On verse alors la dissolution d'or dans celle de soude, peu à peu et en agitant; la liqueur mixte, d'abord légèrement jaunâtre, ne tarde pas à devenir parfaitement limpide. Elle paraît consister alors en un hyposulfite double de soude et d'or, plus du sel marin, qui ne paraît jouer aucun rôle dans l'opération.

» Pour traiter une épreuve par ce sel d'or, il faut que la surface du plaqué soit parfaitement exempte de corps étrangers, et surtout de corps gras; il faut par conséquent qu'elle ait été lavée avec quelques précautions que l'on néglige lorsque l'on veut s'arrêter au lavage ordinaire.

» La manière suivante réussit le plus constamment. L'épreuve étant encore toute iodée, mais exempte de poussière et de corps gras sur les deux surfaces et les épaisseurs, l'on verse quelques gouttes d'alcool sur la surface iodée: quand l'alcool a humecté toute la surface, on plonge la plaque dans la bassine d'eau, puis de là dans la solution d'hyposulfite. Cette solution doit être renouvelée à chaque épreuve, et contenir environ une partie de sel pour quinze d'eau: le reste du lavage s'effectue comme d'ordinaire, seulement l'eau de lavage doit être, autant que possible, exempte de poussière.

» L'emploi de l'alcool a eu simplement pour but de faire adhérer parfaitement l'eau à toute la surface de la plaque, et d'empêcher qu'elle ne se retire sur les bords au moment des diverses immersions, ce qui produirait infailliblement des taches.

» Quand une épreuve a été lavée avec ces précautions, fût-elle fort ancienne, le traitement par le sel d'or est de la plus grande simplicité: il suffit de placer la plaque sur le châssis en fil de fer qui se trouve dans tous les appareils, de verser dessus une couche de sel d'or suffisante pour que la plaque en soit entièrement couverte, et de chauffer avec une forte lampe: on voit alors l'épreuve s'éclaircir et prendre, en une minute ou deux, une grande vigueur. Quand l'effet est produit, il faut verser le liquide, laver la plaque et faire sécher.

» Dans cette opération, de l'argent s'est dissous, et de l'or s'est précipité sur l'argent et sur le mercure, mais avec des résultats bien différents; en effet, l'argent qui, par son miroitage, forme les noirs du tableau, est en quelque sorte bruni par la mince couche d'or qui le couvre, d'où résulte un renforcement dans les noirs; le mercure, au contraire, qui, à l'état de globules infiniment petits, forme les blancs, augmente de solidité et d'éclat par son amalgame avec l'or; d'où résulte une fixité plus grande et un remarquable accroissement dans les lumières de l'image. »

Le Mémoire est terminé par des considérations sur les réactions chimiques qui ont lieu dans les différents temps de l'opération.

GÉOLOGIE. — *Observations sur le phénomène diluvien dans le nord de l'Europe; par* M. **Durocher**.

(Commissaires, MM. Al. Brongniart, Élie de Beaumont.)

« Pendant le cours d'un voyage que je viens de faire dans le nord de l'Europe, dit l'auteur dans une lettre jointe à son Mémoire, j'ai observé dans beaucoup de pays les faits qui se rattachent à ce phénomène géologique qu'on a appelé *diluvium scandinave* et qui est aussi connu sous le nom de *phénomène du transport des blocs erratiques*. On doit le regarder comme un des plus importants de l'histoire de notre globe, puisqu'il a laissé des traces sur toute la surface du nord de l'Europe; et il mérite d'autant plus notre attention, qu'il s'est passé à l'époque immédiatement antérieure à la nôtre: il appartient à la dernière période géologique et forme la transition avec celle où nous vivons.

» Dans la route que j'ai suivie avec M. Gaimard, à travers la Laponie,

la Finlande, la Russie, la Pologne, l'Allemagne et le Danemarck, j'ai examiné avec soin toutes les circonstances qui m'ont paru avoir quelque relation avec le diluvium, et j'ai ajouté à mes observations celles qu'ont bien voulu me communiquer les savants des lieux où nous avons passé.

» Je décris dans le Mémoire que je soumets aujourd'hui au jugement de l'Académie, les faits que j'ai vus et ceux dont j'ai eu connaissance, en citant chaque fois les autorités dont je les tiens; puis j'en déduis les conclusions qui me paraissent en ressortir naturellement, et enfin je développe les idées que je me suis formées pour m'en rendre raison, soit en parcourant les lieux, soit par suite d'un examen postérieur de l'ensemble des faits; mais je commence par une description pure et simple, indépendante de toute considération théorique. »

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur les bassins fermés du département des Bouches-du-Rhône, par* M. VALLÈS (2me partie); *alimentation de ces bassins.*

(Commission précédemment nommée.)

« Une conséquence qui se déduit, dit M. Vallès, des observations consignées dans cette seconde partie de mon travail, excitera peut-être quelque surprise; et cependant elle me paraît solidement établie. Cette conséquence est que le haut degré de salure de La Valduc, et les masses considérables de sel qu'on en retire, n'exigent pas, pour être expliquées, que des sources salées alimentent cet étang; qu'il n'est pas même nécessaire d'admettre qu'il est entretenu par la faible salure de la mer, et qu'enfin il est fort possible que des phénomènes d'irruption des eaux de la mer, coulant à la surface, et ayant eu lieu dans les siècles précédents, aient apporté dans ces bassins tout le sel qu'on en a déjà retiré et tout celui qui y existe.

» C'est ce que confirme l'état du relief du terrain, et ce que les chiffres aussi semblent plutôt confirmer que contredire. »

M. BOLAND soumet au jugement de l'Académie un Mémoire concernant la *panification* et les moyens d'étudier et de diriger la fermentation des levains employés en boulangerie pour la fabrication du pain. Le Mémoire traite aussi de deux procédés destinés à faire reconnaître la présence de la fécule de pomme de terre dans les farines.

(Commissaires, MM. Gay-Lussac, Thenard, Dumas, Boussingault.)

M. Marcel de Serres adresse une Note sur les dépouilles fossiles de deux espèces nouvelles de *mollusques* provenant des terrains infrajurassiques et de la craie compacte inférieure du midi de la France.

« J'ai joint à ma Note, dit l'auteur, les dessins nécessaires pour qu'on puisse se former une idée juste de ces deux espèces de corps, qui me paraissent aussi remarquables par la bizarrerie de leur forme que par leur abondance dans les terrains que je viens de désigner. »

(Commissaires, MM. Al. Brongniart, Cordier, de Blainville, Élie de Beaumont.)

M. l'Hermite adresse une Note sur un cas particulier de l'*écoulement des liquides*.

(Commissaires, MM. Savart, Pouillet, Piobert.)

M. H. Lambotte adresse de Liége un Mémoire ayant pour titre : Considérations sur quelques phénomènes de *Chimie organique* qui s'expliquent par la théorie de la Chimie inorganique : prodrome d'un travail inédit sur la structure intime des animaux.

(Commissaires, MM. Dumas, Pelouze, Boussingault.)

M. Jaudon prie l'Académie de vouloir bien se faire rendre compte d'un ouvrage manuscrit qu'il soumet à son jugement, et qui a pour titre : *Dictionnaire des Monnaies, des Mesures et des Poids hébreux, grecs et romains*.

(Commissaires, MM. Mathieu, Damoiseau, Puissant.)

CORRESPONDANCE.

PHYSIQUE. — *Expériences sur les courants secondaires; par* M. Matteucci.

« Afin d'étudier le courant secondaire produit par la bouteille de Leyde, M. Matteucci emploie deux spirales planes faites chacune avec un fil de cuivre long de 23 mètres. Ces deux spirales sont fixées symétriquement sur deux planches de bois très minces qui peuvent glisser parallèlement

l'une à l'autre sur un plan horizontal, et se fixer à la distance qu'on veut. Une des spirales conduit la décharge de la bouteille, l'autre le courant secondaire que cette décharge développe. La direction et l'intensité des deux courants qu'on peut appeler primitif et secondaire sont déterminées par le sens et l'intensité du magnétisme que reçoivent des aiguilles d'acier contenues dans des hélices dextrorsum roulées sur un tube de verre. Le travail de M. Savary a été très utile dans ces recherches. Dans l'impossibilité de rapporter dans cet extrait le grand nombre d'expériences qui se trouveront dans le Mémoire qui sera bientôt imprimé dans la *Bibliothèque universelle de Genève*, M. Matteucci se borne à exposer les principaux résultats auxquels il est parvenu. Dans la première section il étudie les différentes circonstances qui font varier le sens et l'intensité du magnétisme communiqué par la décharge de la batterie; il fait varier la tension, la charge, les dimensions et le degré de trempe des aiguilles, la longueur du fil qui conduit la décharge, et sa disposition en spirale plane. Comme on ne rapporte pas ici les nombres obtenus, il est impossible d'exposer les conséquences qui s'en déduisent. Dans la seconde section l'auteur étudie l'influence de la spirale secondaire ou d'une lame métallique quelconque sur la décharge de la batterie transmise par la première spirale : en général, la présence d'une spirale secondaire ou d'un circuit métallique quelconque dans le voisinage de la spirale primitive, renforce l'intensité du magnétisme que celle-ci développe sans que le sens en soit renversé, et cette augmentation varie avec la distance, la conductibilité et l'épaisseur du circuit secondaire : cette influence apparaît aussi facilement par l'éclat différent de l'étincelle, et M. Riess l'avait également déterminée en tenant compte de l'échauffement du fil qui transmet la décharge. Dans la troisième section M. Matteucci commence l'étude du courant secondaire produit par la décharge de la bouteille, et étudie l'influence qu'exercent sur sa direction et sur son intensité la distance de deux circuits, et la force de la décharge. Voici les résultats auxquels il est parvenu : 1° la direction du courant secondaire est la même que celle du courant primitif jusqu'à une certaine distance au-delà de laquelle elle se trouve renversée pour ne plus changer de direction; 2° le maximum d'intensité du courant secondaire est à peu près le même pour le courant secondaire direct par rapport au primitif, et pour le courant secondaire lorsqu'il est interverti; 3° le maximum d'intensité du courant secondaire direct et inverse s'obtient pour une distance d'autant plus grande entre les deux spirales, que la tension de la décharge est plus grande; 4° la distance à laquelle commence l'inversion du

courant secondaire croît avec la tension et la quantité de fluide de la batterie que l'on décharge. C'est ainsi qu'on trouve le courant secondaire inverse presque au contact des deux spirales lorsque la décharge est très faible, et qu'il faut éloigner la spirale secondaire pour avoir l'inversion de son courant, d'autant plus que la force de la décharge est plus considérable. Une décharge très forte peut développer un courant inverse à une distance donnée entre les deux spirales lorsqu'on rend plus difficile, par la longueur et la moindre conductibilité du circuit, le passage de l'électricité. Dans la quatrième section M. Matteucci s'occupe de l'influence qu'exercent sur le sens et l'intensité du courant secondaire les substances interposées entre les deux spirales. M. Matteucci s'est assuré d'abord que les substances non conductrices n'ont aucune influence sur le courant secondaire. Les lames métalliques au contraire exercent une très grande influence. C'est ainsi qu'une lame très mince d'étain renverse immédiatement la direction du courant secondaire, quelles que soient la force de la décharge et la distance entre les deux spirales. Le maximum d'intensité du courant secondaire inverse produit par l'interposition de la lame d'étain est toujours plus grand que celui du courant secondaire direct qui a lieu sans l'interposition de la lame. L'épaisseur de la lame métallique interposée et sa conductibilité diminuent l'intensité du courant secondaire inverse. M. Matteucci, par une disposition particulière de cette lame métallique interposée, a pu déterminer qu'un second courant secondaire était développé dans cette lame, et qu'il était dirigé dans le même sens que la décharge primitive de la batterie. En tenant la spirale secondaire à une telle distance que la décharge de la batterie y développe un courant secondaire inverse, l'interposition de la lame d'étain ne fait que produire une intensité plus grande dans ce courant sans en renverser le sens. La secousse et l'étincelle qui sont produites par la spirale secondaire sont considérablement affaiblies par la présence de la lame métallique intermédiaire. Il faut des décharges assez fortes pour obtenir ces phénomènes dans la spirale secondaire. L'action de la lame interposée est d'autant plus grande que l'est sa conductibilité et son épaisseur. Enfin, dans la cinquième section, M. Matteucci étudie l'influence de deux spirales ou circuits métalliques entre lesquelles se trouve interposée la spirale primitive. Il trouve que les deux circuits ne produisent point de différence sur le courant secondaire lorsqu'ils sont à la même distance de la spirale primitive et que les deux circuits sont de la même nature. Si un des circuits est plus rapproché que l'autre de la spirale primitive, c'est un courant secondaire

direct qui circule dans le circuit le plus rapproché, et un inverse dans le circuit qui est le plus éloigné. M. Matteucci annonce la continuation de ses recherches avec le courant voltaïque au lieu de la décharge de la batterie. »

Observations de M. Savary, *au sujet de la Lettre précédente.*

« Déjà, en 1834, M. Masson annonçait, dans une lettre adressée à l'Académie des Sciences, le fait de l'aimantation directe produite par le courant secondaire. Il n'était pas entièrement certain de la possibilité d'obtenir par ce courant l'aimantation inverse; mais ce dernier fait se trouve rapporté dans un Mémoire de M. Riess, présenté il y a plusieurs mois, et actuellement imprimé dans les *Annales de Chimie*. M. Riess l'obtient en interposant dans le circuit secondaire un fil suffisamment long et mauvais conducteur de packfong. Mais M. Riess, comme M. Masson, emploie pour déterminer la production du courant par induction, deux hélices; celle qui transmet le courant principal enveloppe celle qui fait partie du circuit secondaire. On peut ainsi faire varier l'intensité de la décharge, la longueur et la conductibilité des circuits. M. Matteucci, en employant, au lieu d'hélices, des spirales planes et parallèles, a pu de plus faire varier la distance des circuits qui s'influencent mutuellement, et étudier toutes les circonstances du phénomène.

» Il est juste d'ajouter que la lettre de M. Masson n'a point eu une publicité suffisante, et que le travail de M. Riess ne pouvait être connu de M. Matteucci. »

MÉTÉOROLOGIE. — *Aérolithe tombé le 17 juillet à 20 lieues à l'ouest de Milan* (Extrait de la *Gazzetta piemontese* 25 juillet); communiqué par M. de Gregory.

« Milan, 22 juillet 1840. On annonça de l'Observatoire de Brera que dans la journée du 17, vers les 7 heures et demie du matin, on avait entendu une détonation semblable à un coup de tonnerre ou de canon, que les astronomes ont attribué à un *bolide* ou aérolithe.

» D'après les renseignements obtenus par des habitants des villages de *Locate* et de *Golasecca*, dans les environs de la ville de Milan, il résulte que, vers la même heure, on a vu en l'air trois projectiles lumineux blan-

châtres, dont un était très gros, qui se dirigeaient de l'est à l'ouest, et que l'on entendit ensuite un coup de canon.

» Un correspondant du Journal de Turin, affirme que dans la même matinée, vers les 8 heures, sur le territoire de *Ceresetto*, province de Casal-Monferat, à l'ouest de Milan, à la distance de vingt lieues de Locate, dans un terrain du sieur Davie où il travaillait, un *bolide* ou aérolithe de 10 liv. 2$^{\text{onces}}$,2 (*) tomba et s'enfonça dans le terrain à vingt pouces et plus. Deux autres sont aussi tombés dans les environs, mais ils n'ont pas été retrouvés. »

MÉTÉOROLOGIE. — *Étoiles filantes observées dans la nuit du 9 au 10 août.* — Note de M. **Mauvais**, communiquée par M. *Arago*.

« J'ai commencé ces observations à minuit 30 minutes. Au moment du coucher de la Lune, je me suis tourné vers le N.O., en circonscrivant mes observations dans la même région du ciel qui occupe un peu moins du quart de l'hémisphère visible.

TEMPS MOYEN DE PARIS.	DÉPARTS DE L'ÉTOILE.	DIRECTIONS.	REMARQUES.
minuit 35,5	sur ζ Persée se dirigeant.	vers les Pléiades..............	Petite traînée lumineuse de courte durée.
40	Près de α Persée........	vers l'horizon S. E............	Instantanée.
45	Entre β et la nébul. Andr.	vers le S. (du N. au S.).......	Assez belle, pet. traînée.
46	A travers le Bélier......	vers le S......................	Moyenne, id.
47	De ψ Cassiopée pr. du zén.	vers le N. O...................	*Idem.*
48	De δ Giraffe............	vers le N. O...................	Faible.
52	Vers ζ Baleine..........	perpend. vers l'horizon S. E...	Instantanée.
56	Au-dessus des Pléiades...	vers le S. E...................	Moyenne.
58	Vers θ Baleine..........	perpend. vers l'horizon S. E...	*Idem.*

» *Résumé.* Ainsi, en une demi-heure, je n'ai vu que 9 étoiles filantes, ce qui donne 18 étoiles par heure pour $\frac{1}{4}$ de l'hémisphère céleste.

» J'ai repris une nouvelle série d'observations à 3^{h} du matin, en me dirigeant vers l'ouest. Je me suis borné à compter les étoiles filantes, en distinguant les plus brillantes, et cherchant à saisir, autant que possible, leur direction commune.

(*) La livre de Piémont est de 12 onces.

» En une demi-heure j'en ai compté 35 en tout, dont 11 très brillantes avec traînée lumineuse; toutes les autres étaient de moyenne grandeur, c'est-à-dire comme des étoiles de quatrième grandeur, ou très faibles et instantanées.

» J'ai remarqué que la très grande majorité se dirigeait presque parallèlement à la voie lactée qui en ce moment allait du zénith vers l'ouest, avec une petite inclinaison vers le sud. »

MÉTÉOROLOGIE. — *Extrait d'une Lettre de* M. QUET *sur les arcs-en-ciel supplémentaires.*

« J'ai vu, mardi 7 juillet, à Versailles, un magnifique arc-en-ciel avec deux rangs de couleurs supplémentaires; ces dernières couleurs n'occupaient pas seulement la région culminante de l'arc, mais elles descendaient dans les branches latérales jusqu'à la hauteur de 12°50' au-dessus de l'horizon, limite à laquelle les couleurs ordinaires cessaient aussi d'être aperçues. C'est même dans cette région inférieure de l'arc que leur éclat avait le plus de vivacité, et là on distinguait parfaitement le pourpre, l'orangé, le jaune, le vert, le bleu, le violet pourpré, l'orangé faible et un jaune faible au-delà duquel on ne voyait plus de couleurs. C'est dans la région inférieure de l'arc septentrional que se montra d'abord la plus grande vivacité des couleurs; elle passa ensuite à la région inférieure de l'arc méridional pour revenir bientôt après à la première.

» Dans tout le reste de l'arc, qui était fort élevé, puisque l'observation se fit à 7h35m, lorsque le soleil était sur le point de se coucher, les deux rangs de couleurs supplémentaires étaient faciles à distinguer, mais leur vivacité variait d'un point à l'autre par une suite de *maxima* et *minima*, et pour une même partie de l'arc, les couleurs subissaient des alternatives d'éclat et d'affaiblissement. Enfin la branche méridionale disparut la première; mais tant que j'ai pu distinguer les couleurs ordinaires de l'autre branche, j'ai vu des rudiments de deux rangs supplémentaires.

» Dans les diverses relations que j'ai lues et aussi dans les divers arcs-en-ciel où j'ai observé moi-même les couleurs supplémentaires, c'est dans la partie culminante de l'arc que résidait leur plus vif éclat; à partir de ce point elles s'affaiblissaient rapidement; je n'ai vu citer nulle part des limites numériques à ce phénomène d'interférence. Dans l'observation que je viens de rapporter, le phénomène a les mêmes limites que l'arc ordinaire, et il est permis de croire que si l'arc ordinaire était descendu plus bas que

12°50′, les interférences se seraient encore produites, puisqu'à la hauteur de 12°50′ elles donnaient de si vives couleurs. Indépendamment de cette limite que j'ai mesurée, on remarquera la position extraordinaire du maximum d'éclat et aussi les alternatives d'éclat et d'affaiblissement qui se montraient en chaque point. »

MÉCANIQUE APPLIQUÉE.—*Extrait d'une Lettre de* M. TOURNACHON *à* M. Arago.

« Dès 1834, étant élève à l'École centrale des Arts et Manufactures, j'avais trouvé l'invention des galets mobiles dans un plan horizontal. Ces galets étaient suspendus à un axe vertical, fixé au châssis du waggon et non à l'essieu; ils s'appuyaient contre le plan vertical du rail, et ne produisaient qu'un frottement de roulement. Mon waggon était composé de deux caisses qui, au moyen d'un appareil très simple, pouvaient se réunir ou se détacher à la sortie d'une courbe ou à son entrée. Les essieux étaient coudés et étaient fixés au centre par un boulon autour duquel ils pouvaient tourner. Chaque fois que le waggon entrait dans une courbe, un poteau, traversé par une barre de fer horizontale, ouvrait la petite mécanique qui unissait les deux caisses du waggon; alors chacune d'elles portant son essieu était libre, et chaque essieu prenait la direction du rayon de la courbe dans laquelle il se trouvait. A la sortie de la courbe, le même appareil réunissait les deux caisses du waggon, et par là le système redevenait fixe. Voici les preuves que je puis produire à l'appui de mes assertions. D'abord je pris un brevet d'invention dès 1834: son enregistrement à l'Hôtel-de-Ville me coûta 12 fr.; on trouvera encore au bureau des brevets d'inventions, rue de Grenelle-Saint-Germain, le dessin de mon waggon avec un Mémoire justificatif. Je versai 200 fr. pour mon brevet, et j'obtins du Ministre du Commerce un délai de trois mois pour faire des expériences. Malheureusement, n'ayant pas de quoi les faire, je retirai mes 200 fr., et je laissai cette affaire là. Je vous citerai le témoignage de M. Perdonnet, professeur à l'École Centrale, à qui j'avais confié mon invention, qui la trouvait fort ingénieuse et qui, comme moi, desirait que la pratique la justifiât complétement. Je crois que M. Olivier, professeur de Géométrie descriptive, connaissait aussi mon invention.

» Il est fort possible que M. Arnoux ait eu la même idée que moi; d'ailleurs, n'ayant pas gardé mon brevet, il est le possesseur de cette découverte, et je ne prétends nullement lui en disputer les avantages: tout ce que je demande, c'est la priorité que je crois avoir, et je vous prierai, Monsieur, d'en vouloir bien donner connaissance à l'Académie. »

M. VOGEL écrit de Francfort relativement à diverses applications de l'*électricité* à la médecine qui, suivant lui, mériteraient d'être tentées. A cette occasion, il cite le fait suivant qui lui a été rapporté par un témoin oculaire, M. Sprückmann, fabricant d'instruments de physique.

M. Sprückmann fut appelé par M. le Dr Melbert pour électriser une personne qui souffrait des suites d'un traitement mercuriel auquel elle avait été soumise quelques mois auparavant. Pendant que le malade, placé sur l'isolateur, recevait le courant électrique, on lui frottait le corps avec de la laine. Or on ne tarda pas à remarquer que la laine employée pour ces frictions prenait bientôt une couleur plombée, et l'on soupçonna que cette couleur pouvait être due à du mercure; l'analyse chimique prouva que cette conjecture était fondée.

« Je sais, ajoute M. Vogel, qu'on peut expliquer ce fait sans supposer que l'électricité ait joué un rôle pour amener à l'extérieur le mercure resté dans les organes; mais rien ne prouve aussi que la cause admise par les observateurs ne soit pas la vraie, et il y aurait, ce me semble, de l'intérêt à éclaircir la question en répétant l'expérience. »

M. ROBERT adresse des Considérations sur le bruit du *tonnerre*, sur les éclairs dits de chaleur, et sur quelques effets de la foudre dans le nord de la Russie.

M. DECOMBES-DESMORELLES écrit relativement à un projet qu'il a soumis à l'administration, et sur lequel il pense que l'Académie a dû être consultée. Ce projet a rapport à une méthode de *sondages en mer* à de grandes profondeurs.

L'Académie reçoit un Mémoire portant sous pli cacheté le nom de l'auteur, et ayant pour titre : *De la Quadrature du Cercle.*

Ce Mémoire, d'après les réglements de l'Académie, ne peut être l'objet d'un examen.

A 5 heures, l'Académie se forme en comité secret.

La séance est levée à 6 heures.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

L'Académie a reçu dans cette séance les ouvrages dont voici les titres :

Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie royale des Sciences; 2ᵉ semestre 1840, n° 5, in-4°.

Annales de Chimie et de Physique; par MM. GAY-LUSSAC, ARAGO, CHEVREUL, SAVARY, DUMAS, PELOUZE, BOUSSINGAULT et REGNAULT; mars 1840, in-8°.

Mémoires de l'Académie des Sciences de l'Institut royal de France; tome 17, in-4°.

Éléments de Zoologie, ou Leçons sur l'anatomie, la physiologie, la classification et les mœurs des Animaux ; par M. MILNE EDWARDS; 2ᵉ édition, 1ʳᵉ partie, in-8°.

Nouvelle Carte de France (12 feuilles), *comprenant Neufchâtel, Caen, Rouen, Évreux, Bar-le-Duc, Chartres, Fontainebleau, Troyes, Épinal, Lure, Gray, Pontarlier, et un cahier in-4° de positions géographiques et de hauteurs absolues.*

Ministère de la Guerre. — Tableau de la situation des établissements français dans l'Algérie en 1839; grand in-4°.

Traité de l'éducation des vers à soie et de la culture du mûrier; par M. BONAFOUS; in-4°.

Notice sur les travaux de M. Constant Prévost; in-4°.

L'Hercule *et* la Favorite, *ou la capture de* l'Alexandre *de Bordeaux et des pirates bordelais; par* M. FAUVEL-GOURAUD; 2 vol. in-8°.

Annales maritimes et coloniales; par MM. BAJOT et POIRRÉ; juillet 1840, in-8°.

Annales de la Société royale d'Horticulture de Paris; 153ᵉ livraison, in-8°.

Recueil de la Société polytechnique; juin 1840, in-8°.

Revue générale de l'Architecture et des Travaux publics; par M. DALY; feuille 25—28, et 4 planches in-4°.

Lettre à MM. les membres de la Société de Médecine de Bordeaux sur un cas d'amputation de jambes au-dessus des malléoles et sur l'applica-

tion de l'appareil inventé par M. Martin; par M. Dubourg; Marmande, in-8°.

Journal des Connaissances médico-chirurgicales; août 1840, in-8°.

Journal des Connaissances nécessaires et indispensables, sous la direction de M. Chevalier; août 1840, in-8°.

Journal de la Société de Médecine pratique de Montpellier; août 1840, in-8°.

L'Enseignement, bulletin d'Éducation; août 1840, in-8°.

Le Technologiste, ou Archives des progrès de l'Industrie française et étrangère; août 1840, in-8°.

L'Ami des Sourds-Muets, journal; juin 1840, in-8°.

A new... *Nouveau Dictionnaire étymologique des mots anglais dérivés du grec et du latin; par* M. Rowbotham; Londres, 1838, in-18°.

Answers... *Réponses aux questions : Qu'est ce qui constitue les valeurs en circulation? Quelles sont les causes de leur instabilité et les moyens d'y remédier; par* M. Carey; Philadelphie, in-8°.

Proceedings.... *Procès-Verbaux des séances de la Société philosophique américaine;* n[os] 9 et 10 (novembre et décembre 1839, janvier et février 1840), in-8°.

Corrispondenza... *Correspondance zoologique destinée à répandre dans le royaume de Sicile les découvertes qui se font en Europe et ailleurs; rédigée par* M. O.-G. Coste; 1[re] année, feuille 1 à 7, avec sept planches in-8°; Naples, 1839.

Risposta al... *Réponse au Programme relatif aux progrès et à la comparaison des méthodes pour l'invention géométrique;* Naples, 1839, in-4°.

Conchiologia... *Sur les Coquilles fossiles et sur les terrains de Lessona, Cossato, Ceretto et Valdengo, dans la province de Biella; par* M. G. Florio. (Extrait du *Subalpine*, revue italienne, in-8°.)

Gazette médicale de Paris; tome 8, n° 32.

Gazette des Hôpitaux; n° 91—93.

L'Esculape; 2[e] année, n[os] 2 et 3.

L'Expérience; n° 162.

Gazette médicale de Marseille; n° 3.

COMPTE RENDU

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 17 AOUT 1840.

PRÉSIDENCE DE M. SERRES, VICE-PRÉSIDENT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur les méthodes générales à l'aide desquelles on détermine les perturbations du mouvement des planètes ; par* M. Liouville.

« Parmi les méthodes que les géomètres ont imaginées pour déterminer les perturbations produites dans le mouvement des planètes par les actions qu'elles exercent les unes sur les autres, la plus naturelle et la plus simple est celle dans laquelle on ordonne les approximations successives par rapport aux puissances croissantes des masses perturbatrices. On peut présenter cette méthode sous diverses formes plus ou moins élégantes, et par exemple la rattacher (comme je l'ai indiqué en peu de mots dans le *Journal de Mathématiques*, t. III, p. 48) à un théorème très fécond et très remarquable de M. Jacobi, relatif à l'intégration d'une classe d'équations différentielles linéaires. Quelle que soit la marche que l'on adopte, la rigueur exige que l'on démontre la convergence des séries dont les formules finales dépendent, problème aussi difficile qu'impor-

tant, et qui, dans ces dernières années, a fait l'objet des recherches profondes de notre confrère, M. Cauchy.

» Mais en mettant de côté, en supposant résolue cette question délicate de la convergence des séries employées, il est une autre circonstance qui semble au premier coup d'œil rendre presque illusoires les résultats auxquels conduit la méthode dont nous parlons. Les valeurs que l'on obtient pour représenter les trois coordonnées de chaque planète renferment en effet le temps, non-seulement sous des sinus et des cosinus, mais encore algébriquement; or les termes algébriques étant susceptibles d'un accroissement indéfini, rendraient bientôt, si on les conservait sous leur forme actuelle, les approximations très lentes ou pour mieux dire impraticables. Cette difficulté s'est offerte aux premiers analystes qui ont voulu soumettre le mouvement de la Lune à la théorie de la gravitation, et dans ce cas simple elle a été résolue par eux. Ils ont réussi en effet, par la considération d'une apogée mobile, à faire rentrer les arcs de cercle sous les signes sinus et cosinus. D'autres cas particuliers ont été traités ensuite. Enfin Lagrange et Laplace ont envisagé la question sous un point de vue général. Les méthodes qu'ils ont imaginées sont de deux espèces : les unes servent à éviter *à priori* les arcs de cercle, en dirigeant le calcul d'une manière convenable et en renonçant aux développements ordonnés par rapport aux puissances des masses perturbatrices; les autres servent à rectifier *à posteriori* les résultats des approximations ordonnées suivant ces puissances et à en éliminer les arcs de cercle. Malgré des différences plus apparentes que réelles, les méthodes qu'ils ont données pour remplir ce dernier objet ont entre elles beaucoup d'analogie. Celle qu'on doit à Lagrange est exposée dans les *Mémoires de Berlin* pour 1783 : Laplace a développé la sienne au n° 43 du livre II de la *Mécanique céleste*, t. I, p. 243. On trouve le premier germe de l'une et de l'autre dans les *Mémoires de l'ancienne Académie des Sciences* (années 1772 et 1777). Mais quoiqu'elles aient été ainsi successivement perfectionnées, elles présentent encore quelque chose d'obscur ou d'incomplet : aussi, dans son dernier Mémoire, M. Cauchy a cru devoir jeter des doutes sur les principes qui leur servent de base. Ce n'est pas que M. Cauchy conteste l'exactitude de ces principes, mais il les regarde au moins comme énoncés d'une manière trop vague, comme manquant encore d'une démonstration rigoureuse.

» En m'occupant, il y a quatre ans, de ces mêmes questions, j'avais de mon côté éprouvé quelque peine à me rendre un compte bien exact des

passages cités de Lagrange et de Laplace; cependant il m'avait semblé qu'après un examen attentif j'étais parvenu à résoudre les objections qu'on peut leur opposer. Mais détourné de ce travail par d'autres recherches, je n'en avais pas terminé la rédaction. Les observations de M. Cauchy ont dû naturellement me le faire reprendre, et j'ai eu la satisfaction de voir se confirmer l'exactitude de tous les résultats contenus dans mes anciennes notes. Je me crois donc en droit d'avancer et je me propose de prouver dans le présent Mémoire que les méthodes de Lagrange et de Laplace, si elles ne sont pas rigoureuses, peuvent du moins être rendues telles à l'aide de modifications très légères ou plutôt à l'aide d'explications qui n'en altèrent ni la marche ni le caractère essentiel, de sorte qu'en ajoutant quelques détails, omis à tort peut-être par les illustres auteurs, mais faciles à suppléer, on satisfait entièrement à la rigueur géométrique.

» Il m'est impossible de transcrire ici les démonstrations détaillées que l'on trouvera dans mon Mémoire. Je me bornerai à indiquer en peu de mots les points principaux :

» 1°. Pour bien comprendre pourquoi l'équation $0 = k + k't + k''t^2 +$ etc. (*Mécanique céleste*, t. I, p. 244) se décompose dans les suivantes $k = 0$, $k' = 0$, $k'' = 0, \ldots\ldots$, il faut faire attention à la quantité indéterminée α par rapport à laquelle on a d'abord ordonné les calculs. D'après la nature même de la méthode des approximations successives, les termes contenant en facteur la puissance i de t ont au moins α^i pour facteur. Ainsi $k, k', k'', \ldots$ sont de la forme $k = k_1 + \alpha k_2 + \alpha^2 k_3 + \ldots\ldots$, $k' = \alpha k'_1 + \alpha^2 k'_2 + \ldots$, $k'' = \alpha^2 k''_2 + \ldots$, etc. Substituant ces valeurs et égalant séparément à zéro les coefficients des diverses puissances de l'indéterminée α, on trouve $k_1 = 0$, $k_2 + k'_1 t = 0$, $k_3 + k'_2 t + k''_2 t^2 = 0$, etc. Chacune de ces équations ne renfermant plus le temps qu'à une puissance limitée, toute difficulté disparaît, et il devient très facile de prouver rigoureusement que l'on a

$$k_2 = 0, \quad k'_1 = 0, \quad k_3 = 0, \quad k'_2 = 0, \quad k''_2 = 0 \ldots\ldots$$

d'où

$$k = 0, \quad k' = 0, \quad k'' = 0, \ldots$$

» C'est par un raisonnement semblable que l'on peut justifier le principe fondamental qui sert de base à l'analyse de Lagrange.

» 2°. Les développements donnés par Laplace à la page 245 (où l'on trouve l'idée première de la méthode employée par M. Ampère pour dé-

montrer le théorème de Taylor) sont inutiles; il suffisait de dire : « Puisqu'on a

$$y = X + (t-\theta).Y + (t-\theta)^2.Z + \ldots,$$

» et que y ne contient pas θ, on aura la valeur de y en faisant $\theta = t$. Donc » si X est $= \varphi(t, \theta)$, y sera $= \varphi(t, t)$. »

» 3°. Il reste à démontrer que dans l'équation de la page 247,

$$o = X' + \theta X'' - Y + (t-\theta).(Y' + \theta Y'' + X'' - 2Z) + \ldots,$$

équation que nous représenterons, pour abréger, par

$$o = K + (t-\theta)K' + (t-\theta)^2 K'' + \ldots.,$$

les coefficients des puissances de $(t-\theta)$ doivent être nuls séparément. Pour cela, observons que les constantes arbitraires c, c', c'',... ou des fonctions de ces constantes, peuvent multiplier le temps t sous les signes sinus et cosinus. Soient n, n',... ces multiplicateurs de t, multiplicateurs qui, dans le problème des perturbations planétaires auquel nous nous attachons ici de préférence pour mieux fixer les idées, dépendent des moyens mouvements : n, n',... seront des fonctions de α et θ, et nous désignerons par N, N'... les constantes arbitraires auxquelles ces fonctions se réduisent pour $\alpha = o$. Cela posé, représentons par $f(c, c', \ldots nt, n't \ldots)$ un quelconque des coefficients K, K', K'',...: ce coefficient pourra se développer en série de sinus et de cosinus sous la forme

$$\sum [B\cos(in + i'n' + \ldots)t + C\sin(in + i'n' + \ldots)t];$$

B et C se développeront ensuite suivant les puissances de α, et si l'on observe que les dérivées $\frac{dc}{d\theta}$, $\frac{dc'}{d\theta}$, etc. qui s'évanouissent avec α, ont partout α en facteur, on verra que B et C sont de la forme $\alpha B_1 + \alpha^2 B_2 + \ldots$, $\alpha C_1 + \alpha^2 C_2 + \ldots$ dans le développement de K, de la forme $\alpha B'_1 + \alpha^2 B'_2 + \ldots$, $\alpha C'_1 + \alpha^2 C'_2 + \ldots$ dans le développement de K', enfin de la forme $\alpha^i B_i^{(i)} + \ldots$, $\alpha^i C_i^{(i)} + \ldots$, dans celui de $K^{(i)}$. Maintenant mettez pour K, K',... leurs valeurs dans l'équation $o = K + (t-\theta)K' + \ldots$, puis après avoir divisé tout par α, posez $\alpha = o$, ce qui réduira n, n',... à N, N',...; vous aurez ainsi une première équation de la forme $k + k'(t-\theta) = o$,

laquelle se décomposera d'elle-même dans $k = 0$, $k' = 0$; divisant de nouveau par α, puis posant encore $\alpha = 0$, vous en aurez une seconde qui se décomposera de même en trois autres. En continuant ainsi vous démontrerez sans peine que

$$\sum [B \cos (iN + i'N' + \ldots) t + C \sin (iN + i'N' + \ldots) t] = 0,$$

d'où vous conclurez facilement que $B = 0$, $C = 0$, et par suite que

$$\sum [B \cos (in + i'n' + \ldots) t + C \sin (in + i'n' + \ldots) t] = 0.$$

Donc chacun des coefficients K, K',... se réduit à zéro, ce qui complète la démonstration de Laplace. »

M. **Cauchy** fait hommage à l'Académie de la neuvième livraison de ses *Exercices d'Analyse et de Physique mathématique*.

M. Cauchy présente en même temps une traduction italienne de deux de ses Mémoires, qui a paru dans les Transactions de la Société italienne des Sciences de Modène. (Voir au *Bulletin bibliographique*.)

RAPPORTS.

GÉOLOGIE. — *Rapport sur quatre Mémoires de* M. **Rozet**, *relatifs aux montagnes qui séparent la Saône de la Loire.*

(Commissaires, MM. Alexandre Brongniart, Élie de Beaumont rapporteur.)

« L'Académie nous a chargés, M. Alexandre Brongniart et moi, de lui faire un rapport sur quatre Mémoires qui lui ont été soumis par M. Rozet, capitaine au corps royal d'état-major. Le premier, présenté le 26 mars 1838, est intitulé : *Mémoire géologique sur la masse de montagnes qui sépare la Loire du Rhône et de la Saône;* le second, présenté le 21 janvier 1839, est un Supplément au premier. Le troisième et le quatrième, présentés le 29 avril 1839 et le 10 février 1840, sont des Appendices aux deux autres. Ces différents Mémoires, qui ne forment réellement qu'un seul et même travail, en plusieurs parties, sont accompagnés d'une carte coloriée géologiquement et de trois feuilles de coupes géologiques.

» Les explorations dont M. le capitaine Rozet a consigné les résultats dans le travail soumis à notre examen, se sont prolongées pendant cinq années consécutives (1835-1839), pendant lesquelles il a été chargé, dans diverses parties de la Bourgogne, de travaux géodésiques et topographiques relatifs à l'exécution de la nouvelle Carte de France. Elles se sont étendues depuis les bords du Rhône, près de Givors et de Coudrieux, jusqu'aux environs de Montbard et d'Avallon. Elles embrassent le Morvan ainsi que la chaîne élevée qui sépare la Loire de la Saône, entre Roanne et Mâcon. M. Rozet a figuré la constitution géologique de la bande de terrain qui vient d'être indiquée sur la partie correspondante de la carte de Capitaine. L'échelle assez étendue de cette carte lui a permis de pousser la distinction des diverses espèces de terrain plus loin que ne l'avaient fait les auteurs des cartes géologiques exécutées jusqu'à ce jour. On doit en particulier lui savoir gré d'avoir déterminé les limites respectives des gneiss, des granites et des porphyres.

» La position de ces dernières roches par rapport aux précédentes et par rapport aux schistes argileux et au terrain houiller, a fourni à M. Rozet plusieurs observations importantes qui sont exprimées dans les coupes qui accompagnent son Mémoire. Ces coupes, ainsi que nous l'avons déjà dit, sont figurées sur trois feuilles qui présentent aux yeux le tableau de tous les faits de superposition et de pénétration que l'auteur a été à même d'observer. On y voit aussi trois grands profils théoriques pour lesquels il a eu l'avantage de pouvoir employer les altitudes de tous les points principaux, déterminées très exactement par les opérations géodésiques qui servent de base à la nouvelle carte de France.

» Le premier de ces profils est longitudinal; il est construit dans le sens de la longueur de la chaîne qui sépare la Loire de la Saône, et s'étend de la vallée du Gier jusqu'aux collines du Drevin, à la hauteur de Châlon-sur-Saône. Les deux autres, qui sont transversaux, s'étendent dans la direction de l'est à l'ouest de la Saône à la Loire; l'un est pris à la hauteur de Romaneche et d'Azolette, l'autre à la hauteur de Cluny et de Paray.

» La contrée dont s'est occupé M. Rozet est surtout remarquable par les groupes de roches d'origine plutonique qui s'y trouvent développés sur une très grande échelle, et présentent des faits propres à bien établir leurs rapports géognostiques.

» M. Rozet s'est occupé spécialement de ces terrains d'origine ignée jusqu'ici les moins étudiés dans ces contrées, et il passe plus rapidement sur les autres qui ont été si bien décrits par notre confrère M. de Bonnard,

et, plus tard, dans plusieurs détails importants, par M. Leymerie, et dont les rapports réciproques ne sont presque plus maintenant l'objet d'aucune contestation. Toutefois, ces derniers terrains ont aussi été pour M. Rozet le sujet de plusieurs observations dignes de fixer l'attention, tant en ce qui concerne leurs superpositions que relativement aux niveaux respectifs de leurs différents points.

» M. Rozet a particulièrement étudié deux grandes masses de terrain porphyrique, dont la premiere, située entre Roanne et Mâcon, s'étend de l'Arbresle à la Clayte en comprenant les environs de Tarare, de Thisy, de Beaujeu, d'Aigue-Perse et de Matour, et en formant presque à elle seule toute la masse de montagnes qui sépare la Saône de la Loire sur 50 kilomètres de longueur et 20 à 30 de largeur; ce qui comprend une surface de 1250 kilomètres carrés, c'est-à-dire à peu près égale à la surface totale de la base de l'Etna. Cette grande étendue occupée par les porphyres démontre déjà que ces roches ne sont pas de simples accidents résultant de la modification d'autres roches, mais bien des masses indépendantes formées d'une manière particulière et jouant un rôle important et spécial dans la constitution de notre planete. Indépendamment de cette grande région porphyrique, il en existe encore une autre dans le Morvan : cette derniere forme toute la partie méridionale des montagnes du Morvan, entre Autun et Lorme, et comprend les environs de la Roche-Millay, de Lucenay-l'Évêque et de Château-Chinon.

» M. Rozet a aussi exploré, dans la contrée qui l'a occupé, trois régions granitiques, dont celle du sud occupe un espace de 300 kilomètres carrés, entre la Brevenne et l'Azergue; et celle du milieu, beaucoup plus étendue, se développe sur une surface de 1730 kilomètres carrés depuis la hauteur de Beaujeu jusqu'au bassin houiller de l'Arroux; la troisième forme l'extrémité septentrionale du groupe montagneux du Morvan, entre Château-Chinon et Avallon.

» Les granites de cette partie de la France sont généralement d'une très facile décomposition, et la surface des roches se trouve souvent recouverte de puissantes couches d'un sable composé de grains de quartz, de feldspath et de paillettes de mica, nommé *arène* dans le pays et qui résulte évidemment de la désagrégation de la roche inférieure. Par suite probablement de cette facile décomposition, les montagnes de granite sont généralement arrondies. Les porphyres, qui résistent mieux aux influences atmosphériques, ont des formes plus âpres et plus cahotées. On remarque en même temps que les porphyres sont couverts d'une végétation vigou-

reuse qui contraste agréablement avec la stérilité des granites. Ces granites sont généralement d'une couleur rose; ils sont cependant blanchâtres et gris dans plusieurs endroits; leur grain est le plus ordinairement moyen, mais il devient quelquefois très gros dans les hautes montagnes, et quelquefois très fin sur les flancs des grandes vallées, dans le voisinage du gneiss, qu'on trouve çà et là en lambeaux discontinus sur les flancs des masses granitiques.

» Le gneiss domine aussi cependant dans quelques districts, où il forme toute la masse des montagnes. M. Rozet en a observé et délimité plusieurs, dont le plus étendu est situé au nord de Rive-de-Gier, entre le Gier et la Brevenne.

» Le micaschiste, le schiste talqueux, le schiste argileux et les calcaires qui lui sont subordonnés occupent aussi quelques portions de la région montagneuse, mais sur une étendue beaucoup plus restreinte que les roches précédemment nommées.

» Dans les anfractuosités que présente cette même région, on trouve cinq bassins houillers; les roches sédimentaires plus modernes ne couvrent guère que ses bords et un petit nombre de cimes isolées d'une élévation médiocre.

» M. Rozet a étudié avec une grande persévérance les relations de gisement des porphyres avec toutes les formations que nous venons de citer. Les roches qu'il range dans son groupe porphyrique ne sont pas toutes identiques entre elles; mais celles qui jouent le rôle principal sont des porphyres quarzifères, à base de feldspath compacte, et des roches feldspathiques compactes peu différentes de la pâte des premières. Il désigne ces dernières sous le nom d'eurites.

» Les géologues ont observé souvent et dans un grand nombre de contrées, qu'il existe une liaison intime entre le gneiss, le granite, certains porphyres quarzifères et diverses variétés d'eurite, de manière que l'origine de toutes ces roches a nécessairement quelque chose de commun. On sait même que cette liaison, jointe à celle qui existe aussi entre le gneiss et certaines roches stratifiées, dont l'origine sédimentaire est évidente, était un des principaux arguments sur lesquels Werner se fondait pour comprendre toutes ces roches ensemble parmi les formations d'origine neptunienne. De nombreux exemples de cette liaison graduelle se sont présentés à M. Rozet. Sur le versant oriental de la vallée du Sornin, à Coutauvre, la Gresle, Jarnosse, Cuinzié, Chaudon, Cours, Écoches, Belmont et Chauffaille, les porphyres sont souvent granitoïdes,

et passent même souvent au granite. Aux environs de Tarare la roche dominante est un eurite gris qui passe au porphyre en prenant de petits cristaux de feldspath rose. En approchant des granites, les cristaux deviennent plus nombreux, des paillettes de mica et des grains de quartz paraissent dans la roche, et l'on a un porphyre granitoïde qui devient souvent lui-même un véritable granite. En gravissant les flancs du cirque de Rouchal, on voit très bien les eurites passer au porphyre à pâte plus ou moins compacte et ceux-ci devenir granitoïdes. Au nord de la région porphyrique du Morvan on voit le granite succéder aux porphyres et se lier avec eux d'une manière insensible.

» Le passage des roches non stratifiées aux roches stratiformes se fait, d'après M. Rozet, par les leptinites placées entre le gneiss et le granite, et participant à la fois de l'un et de l'autre. Le granite qui, d'un côté, passe insensiblement au porphyre par la diminution de ses cristaux, lesquels finissent par n'être plus que disséminés dans une pâte, passe de l'autre au leptinite par une dégradation analogue, en sorte que de chaque côté de la masse granitique, c'est-à-dire près des porphyres et des gneiss, il y a des espèces de roches qui sont minéralogiquement presque identiques.

» Dans la contrée explorée par M. Rozet le gneiss constitue, comme cela s'observe souvent, la base des terrains stratifiés et l'enveloppe extérieure des masses non stratifiées. Il se lie intimement au granite par des leptinites, et passe sur plusieurs points aux micaschistes et aux taclschistes.

» En suivant les routes de Condrieux à Rive-de-Gier ou à Givors, on voit très distinctement le granite passer au leptinite par la diminution de la grosseur de ses cristaux et la perte de son mica. Le long de ces deux routes, cette dernière roche est, d'après M. Rozet, bien développée et parfaitement caractérisée, composée de feldspath grenu et de grains de quartz disséminés. En continuant à monter, on voit le leptinite se charger de mica, prendre la structure feuilletée glanduleuse et passer au gneiss.

» La superposition immédiate du leptinite au granite et du gneiss au leptinite est très évidente, ajoute M. Rozet, dans les deux directions que nous venons d'indiquer. On voit aussi parfaitement bien le granite inférieur pénétrer en filons et en grosses masses transversales dans le leptinite, et celui-ci percer le gneiss de la même manière.

» Près le hameau de Champagneux, ajoute-t-il, j'ai vu un filon de leptinite pénétrer le gneiss et s'épancher par-dessus après l'avoir traversé.

» Une des circonstances les plus remarquables que présentent les relations mutuelles des roches non stratifiées que nous avons déjà citées, c'est

que, indépendamment des passages graduels qui montrent que la formation des unes se rattache à celle des autres par une chaîne continue, elles pénètrent aussi en filons les unes dans les autres, de manière à faire voir que leur consolidation a été progressive, et que certaines d'entre elles sont restées fluides long-temps après que les autres étaient déjà solidifiées. M. Rozet a porté une attention toute spéciale sur ce qui pouvait l'éclairer relativement à l'ordre chronologique dans lequel ces diverses roches ont perdu leur fluidité, et même relativement aux époques géologiques à partir desquelles chacune des espèces principales a cessé ses éruptions. L'ordre d'éruption de ces dernières parait à M. Rozet avoir été le suivant: d'abord les *leptinites,* ensuite les *granites;* plus tard les *porphyres* et les *eurites.* Les faits de pénétration mutuelle sur lesquels M. Rozet se fonde pour établir cet ordre sont très nombreux et nous paraissent bien observés.

» Dans les montagnes au nord de Rive-de-Gier, entre le Gier et la Brevenne, le gneiss est traversé par des filons d'eurite, de porphyre et de granite.

» Sur les flancs des vallées du Trenchin, du Thillon et de l'Azergue, on voit le granite appuyé sur les flancs des montagnes porphyriques, être percé par des filons d'eurites et de porphyres, bien qu'il y ait des passages insensibles entre toutes les roches. Au nord de la vallée de l'Ardière, entre Beaujeu et Chenas, le granite est traversé par de nombreux filons d'eurites et de porphyres; mais ici, non plus que dans aucune autre partie de la région porphyrique, on n'aperçoit le granite en filons ou en masses transversales au milieu des porphyres. Cette absence des filons de granite dans les porphyres, tandis que ceux-ci pénètrent dans toutes les parties du terrain granitique, est un fait sur lequel on ne saurait trop insister, et qui démontre bien clairement l'antériorité des granites, quoiqu'ils soient souvent surperposés aux porphyres.

» Le point où la manière dont les filons de porphyre pénètrent la masse granitique est le mieux mise à jour, se trouve au coude de la route de Cluny à Ciry, vis-à-vis Massy et le hameau des Reuils. Des travaux tout nouvellement exécutés ont coupé la masse de granite à gros grains, très décomposée, bordant la route au sud, et mis à découvert les nombreux filons de porphyre qui la traversent en se croisant et en se ramifiant.

» Les porphyres de la région porphyrique du nord qui forme la partie méridionale des montagnes du Morvan, poussent aussi des filons à travers les granites qui les entourent et qui s'appuient sur eux : M. Rozet cite sous ce rapport un grand nombre de localités. Je mentionnerai seulement qu'à

la Selle, à trois lieues d'Autun, sur la route de Château-Chinon, le granite qui vient s'appuyer sur les pentes des montagnes porphyriques formant le flanc occidental du bassin houiller de l'Arroux, se montre immédiatement superposé aux porphyres dans plusieurs ravins profonds situés à l'ouest du village, et que dans le même granite on rencontre des filons du porphyre qu'il recouvre.

» Les plus importants parmi les filons de porphyre et d'eurite du Morvan sont formés, dit M. Rozet, par un porphyre brun, contenant une grande quantité de cristaux de pinite; quelques-uns ont jusqu'à 14 mètres de puissance. Leur direction la plus habituelle se trouve être du N. 20° E. au S. 20° O. Il existe près d'Avallon trois filons de porphyre qui traversent les granites sur une grande étendue: M. Rozet en a suivi un pendant plus d'une lieue.

» Les filons de porphyre n'ont pas seulement pénétré à travers les roches cristallines, telles que le granite et le gneiss, ils ont aussi pénétré à travers les roches sédimentaires, telles que les schistes argileux et les calcaires qui y sont renfermés.

» Le terrain schisteux git par lambeaux sur les flancs des montagnes porphyriques, aux environs de Tarare, dans la vallée de l'Azergue, dans celle de Nizeron, et quelques autres du versant oriental de la chaîne, et sur le versant occidental, dans les vallées du Rabin et de la Trambouze.

» Près du Gouget, sur les flancs du Mont-Crépy, qui atteint au sud de la Vave une hauteur absolue de 930 mètres, il existe un lambeau du terrain schisteux de transition, trituré par les porphyres, et dans lequel se trouvent subordonnés des bancs d'un calcaire noir, bleuâtre et verdâtre, sublamellaire, qui sont exploités comme pierre à chaux. Les flancs de la même montagne présentent aussi quelques lambeaux de gneiss également triturés par les eurites et les porphyres. Dans les berges de la route de Tarare à Feurs, tout nouvellement taillées, on voit les eurites et les porphyres percer les schistes sur un grand nombre de points. Dans le fond et sur les deux flancs de la vallée de la Trambouze, paraissent des schistes de transition avec bancs subordonnés de calcaire noir à encrines qui s'élèvent jusqu'à une certaine hauteur sur les flancs des montagnes, et dans lesquels les eurites, les diorites et les porphyres pénètrent en filons plus ou moins puissants.

» En suivant la route de Thizy à Roanne, à l'endroit nommé La Roche, les schistes, avec le calcaire à encrines subordonné, sont traversés par un beau filon de porphyre, provenant d'une masse qui domine la route au

nord. En continuant à suivre la même route, dont les schistes avec calcaire forment les deux berges tout nouvellement taillées, on voit ces schistes percés çà et là par des filons d'eurite et de porphyre. Au-dessus de la ferme des Rivières, deux filons de porphyre offrent les singulières dispositions représentées par les figures 16 et 17 des planches jointes au Mémoire. A cent mètres plus à l'ouest, le calcaire à encrines formant la berge est traversé par un beau filon de porphyre jaunâtre granitoïde, qui est exploité pour charger la route. Ce calcaire a paru à M. Rozet n'avoir subi aucune altération dans ses points de contact avec la roche ignée. Après avoir dépassé ce point, on ne tarde pas à trouver dans le terrain schisteux des poudingues contenant une grande quantité de cailloux de quartz. Près la ferme de Pras, au circuit de la route, les poudingues sont percés par des filons de porphyre rouge, identique avec celui de Thizy. On y remarque aussi des veines d'un eurite terreux blanchâtre. Jusqu'à Montagny, les conglomérats, toujours percés par des filons d'eurite et de porphyre, sont très bien développés; leur ciment présente une grande quantité de vacuoles qui paraissent être le résultat de l'action des roches ignées et qui lui donnent une apparence scoriacée tout-à-fait semblable à celle des roches d'épanchement. Entre Montagny et Perrens, les conglomérats se montrent associés aux schistes. Toutes ces circonstances, pour le dire en passant, rappellent fortement les terrains de la partie S.-E. des Vosges.

» Les observations de M. Rozet montrent avec une grande évidence que le terrain houiller du bassin de l'Arroux, où se trouvent Autun et Épinac, s'est formé vers la fin de la longue période pendant laquelle se sont prolongées les éruptions porphyriques et euritiques, c'est-à-dire après qu'un grand nombre d'éruptions de ces roches avaient déjà eu lieu, mais avant que les dernières de toutes se fussent effectuées.

» Le bassin houiller de l'Arroux est bordé au sud et à l'est par des montagnes granitiques au pied desquelles se montre souvent le gneiss. Dans cette partie les conglomérats, qui sont très développés, ne contiennent que des fragments de gneiss et de granite, tandis que du côté du nord et de l'ouest, où la ceinture montueuse qui borde le bassin houiller est composée d'eurites et de porphyres, les fragments des conglomérats sont presque uniquement des eurites et des porphyres. Ces derniers sont beaucoup plus abondants que les autres.

» De là il résulte évidemment que les montagnes porphyriques ont, comme les montagnes granitiques une origine antérieure au terrain

houiller. Cependant cette règle ne s'applique pas à la totalité des roches porphyriques. Certains eurites au moins y échappent complétement, car ils pénètrent en filons dans le terrain houiller.

» Au pied de la montagne du Calvaire, près le pont de la Vesvre, commune de la Selle, dans deux excavations ouvertes pour exploiter une couche de houille sèche, on a mis à découvert une pénétration très remarquable de l'eurite jaunâtre qui forme la montagne sur le flanc de laquelle le terrain houiller vient s'appuyer, dans ce dernier terrain et dans la couche de houille même; au contact la houille est devenue sèche, brillante et un peu caverneuse, le grès houiller s'est endurci, a pris une couleur brune foncée, et les parties feldspathiques qu'il contient ont été comme frittées. Dans l'excavation supérieure on voit parfaitement bien, dit M. Rozet, que l'eurite a coulé sur le terrain houiller. Plus au sud, sur les bords de la route, dans un puits creusé pour arriver à la houille, on a traversé deux mètres d'eurite avant de rencontrer les schistes et grès houillers. Ainsi là, sans aucun doute, l'eurite a pénétré dans le terrain houiller à l'état de fusion ignée, et s'est même répandu dessus.

» Tout concourt à montrer que les eurites, qui, comme on vient de le voir, forment des filons dans le terrain houiller, sont un peu plus modernes que les porphyres qu'on n'y rencontre qu'en cailloux roulés, car la pénétration des eurites au milieu des roches porphyriques s'observe sur plusieurs points; mais les porphyres, quoique s'enchevêtrant avec ces roches, ne les pénètrent jamais en véritables filons. Dans d'autres contrées, par exemple, à l'île d'Arran, en Écosse, on voit des porphyres quarzifères traverser le grès bigarré, qu'on sait être beaucoup plus moderne que le terrain houiller. Cependant le terrain houiller paraît être la plus moderne des formations traversées par les eurites de la Bourgogne, qui sont eux-mêmes ici un peu plus modernes que les porphyres proprement dits; du moins M. Rozet n'a vu dans ces contrées aucune couche plus moderne que le terrain houiller, traversée par ces filons d'eurite qu'il a poursuivis avec tant de persévérance.

» Le long de la route de Mont-Cenis à Couches, un grès que M. Rozet désigne sous le nom de grès rouge, et qui dans tous les cas n'est pas plus moderne que le terrain du tryas, se montre superposé au granite : il recouvre tout le flanc sud de la montagne des Écouchets. Là on peut parfaitement s'assurer que les filons d'eurite et de porphyre qui traversent le granite ne pénètrent nullement dans ce grès rouge; les pointes de ces roches qui percent en quelques endroits ne sont, d'après M. Rozet, que des

parties saillantes déjà solidifiées lors du dépôt du grès qui les a englobées en se formant, car toute la surface de ces parties est décomposée et les fragments sont souvent cimentés par le grès rouge dans lequel les porphyres et les eurites ne forment jamais de veines. Le même phénomène peut être observé dans plusieurs autres endroits, près d'Essertine, du Breuil, etc., où les filons qui traversent le granite, ne pénètrent nullement dans le grès rouge qui en recouvre la surface; mais les filons de quartz qui coupent en beaucoup d'endroits ceux de porphyre, se montrent au milieu du grès rouge, dans toutes les localités précitées; ils l'ont souvent endurci, et c'est leur substance qui forme le ciment des parties siliceuses de ce grès.

» La roche ignée la plus récente de la contrée est le basalte, dont il existe un lambeau sur le plateau granitique de Château-Neuf en Brionnais, et deux petits cônes sur le plateau de Drévin, où le basalte semble avoir percé le lias en s'élevant; mais il paraît qu'il a existé une très longue lacune entre la période des éruptions porphyriques et euritiques et celle des éruptions basaltiques.

» Les couches du terrain jurassique de la Bourgogne sont généralement relevées vers l'ouest, c'est-à-dire vers l'axe de la chaîne où gisent les masses plutoniques et dont elles bordent la base, mais à l'exception des basaltes, aucune des roches plutoniques que nous avons citées ne se montre en veines ou en filons dans ce terrain. Les filons de quartz eux-mêmes qui, ainsi qu'on va le voir, pénètrent jusque dans les arkoses placés à la base du lias, ne pénètrent jamais ici dans les autres assises du terrain jurassique.

» M. Rozet a étudié avec une grande persévérance les masses quarzeuses qui se sont présentées à lui dans la contrée qu'il a explorée. Il en décrit un très grand nombre, de nature et de gisements divers, qui semblent établir une chaîne presque continue entre deux classes de masses minérales d'origines probablement très différentes, et en quelque manière opposées, les pegmatites et les arkoses à ciment quarzeux.

» Entre l'Arroux et la route d'Autun à Bourbon-Lancy, le granite à gros grains est coupé par des filons de pegmatite, avec tourmalines et des filons de quartz. Il existe aussi des filons de pegmatite aux environs d'Autun, particulièrement dans la vallée du Mesvrin. A Marmagne, Saint-Simphorien, Braie, Marmasse, et sur tous les flancs de Mont-Jeu, le gneiss est traversé par des filons et des masses transversales de pegmatite, parmi lesquels on remarque une très belle variété de pegmatite graphique. Ces filons de pegmatite ont apporté avec eux des tourmalines et

des émeraudes. Ces dernières sont surtout très communes, aux environs de Marmagne et de Saint-Simphorien, où l'on en voit souvent dans les morceaux de roches employés à charger la route; mais ces émeraudes ne sont pas assez belles pour être taillées. Le gneiss de ces localités est aussi traversé par de nombreux filons de quartz, et ce quartz contient souvent du mica. Ces filons sont également très communs dans le granite. Entre Marmagne et Mont-Cenis, à l'eudroit nommé *la Demi-Lieue,* on voit s'élever de cinq à six mètres au-dessus du sol granitique, un beau filon de quartz de 150 mètres de longueur.

» Les filons de quartz de cette contrée paraissent être, au moins en partie, d'une nature toute particulière. A la montagne des Écouchets près Saint-Pierre de Varenne, le granite à gros grains qui forme la masse de cette montagne est lardé de filons et veines de quartz coloré en vert par l'oxide de chrôme qui se trouve accumulé en petites plaques le long des salbandes. C'est dans le gneiss des environs de Marmagne et de Saint-Simphorien que gît le célèbre filon d'*uranite,* qui se trouve presque épuisé maintenant.

» Au sud-est de Chiseuil, près de Bourbon-Lancy, s'élève une montagne ayant 1500 mètres de long sur 700 à 900 de large, allongée dans le sens du sud-est au nord-ouest. Cette montagne est formée de quartz, mélangé de fer hydraté. Ce quartz est généralement très celluleux, et offre l'aspect de certains trachytes scoriacés; presque toutes les cavités qu'il présente sont tapissées de fer hydraté qui y forme quelquefois des stalactites. Cette substance est ordinairement mamelonnée, et souvent irisée. Le quartz est toujours pénétré d'hydrate de fer, et la combinaison est assez intime pour donner une excellente pierre de taille dont on fait un grand usage dans les environs. Ce quartz est aussi quelquefois semi vitreux comme celui des filons qui traversent les porphyres et les granites; certaines parties contiennent de grandes lames de mica argentin, et deviennent ainsi un hyalomicte tout-à-fait semblable à celui qui forme des filons dans le gneiss et qui contient souvent des tourmalines: cette variété est encore très ferrugineuse.

» Le quartz blanc semi vitreux, enfumé et quelquefois jaspoïde, s'élève en cônes, au milieu du granite et du gneiss, au pied sud-est du mont Pilas, dans les environs de Condrieux (département du Rhône). M. Rozet a observé trois de ces cônes sur le plateau à l'est de Condrieux. Ils s'élèvent de 8 ou 10 mètres seulement au-dessus de la surface du sol environnant. Le granite est fréquemment soudé avec le quartz, et le quartz englobe souvent des fragments de granite de différentes grosseurs. A la

base des cônes, le quartz pousse dans le granite des ramifications divergentes, comme si celui-ci avait été étoilé pour les recevoir. Le quartz de ces cônes est absolument semblable à celui qui se présente en filons dans le granite, le leptinite, le gneiss, le micaschiste, et les schistes talqueux de la contrée, et qui forme aussi des veines dans ces dernières roches. Dans les quartz de cette catégorie, M. Rozet n'a reconnu que des traces d'oxide de fer, et il n'y a trouvé ni baryte sulfatée, ni spath fluor, ni galène, substances très communes dans une seconde catégorie de masses quarzeuses dont il nous reste à parler.

» On remarque au milieu de la masse granitique de l'extrémité septentrionale du Morvan, une immense quantité de filons de quartz hyalin, blanc, rosâtre, noirâtre, rarement enfumé, devenant souvent calcédonieux et quelquefois grenu, à petits grains. La puissance de ces derniers filons varie depuis quelques mètres jusqu'à quelques centimètres seulement ; ils prennent toutes sortes de directions et se ramifient même quelquefois dans tous les sens. Le quartz de ces filons contient partout de la baryte sulfatée, du spath-fluor, de la galène et bien souvent du fer oligiste. Les filons de quartz sont très nombreux dans les environs d'Avallon, où l'on peut parfaitement étudier tous les phénomènes qu'ils présentent dans leurs rapports avec les arkoses. De pareils filons existent dans le terrain porphyrique aussi bien que dans le granite. En allant de la Roche-Millay à Champ-Robert, on marche toujours sur le terrain porphyrique, et l'on voit beaucoup de têtes et de fragments de filons de quartz avec fer oligiste, fer sulfuré, traces de galène, barytine et spath-fluor. M. Rozet décrit de nombreux exemples d'autres filons du même genre, tant en divers points du Morvan, que dans le reste de la contrée, qu'il a explorée jusqu'aux environs de St.-Étienne-en-Forez. Il a ainsi reconnu ce réseau de filons quarzeux sur une longueur de 55 lieues, d'Avallon à Saint-Étienne, et sur une largeur de 10 à 15 lieues. Ces filons quarzeux qui coupent les grandes masses porphyriques, coupent aussi lorsqu'ils les rencontrent, les filons de porphyre qui traversent le granite. Entre autres exemples de ce fait, M. Rozet cite un beau filon de porphyre qui court dans le granite sur les bords du Cousin, à Presle, au sud-est de Cussy-les-Forges, et qui est coupé à angle droit par un filon de quartz. Les phénomènes de ce genre sont nombreux et concourent à prouver que la production des filons quarzeux s'est continuée ainsi que nous l'avons déjà annoncé, après celle des filons porphyriques. Ces filons quarzeux traversent en effet, non-seulement le gneiss, les micaschistes, les schistes talqueux, les schistes ar-

gileux, le granite et les porphyres, mais encore le terrain houiller et le grès rouge, et se prolongent jusque dans les arkoses placés à la base du lias. M. Rozet leur assimile les quartz de la montagne de Saint-Priest près de Saint-Étienne, déjà décrite en 1828 par M. Dufrénoy, et qu'il a lui-même examinée avec attention, et décrite de nouveau dans son Mémoire de 1838.

» M. Dufrénoy, après avoir décrit la colline quarzeuse de Saint-Priest qui se trouve dans le terrain houiller de Saint-Étienne, disait.... « Quelle » circonstance a répandu avec une si grande profusion la matière siliceuse » et la baryte dans les roches qui la composent? C'est une question que » nous ne chercherons pas à résoudre. Nous dirons seulement qu'il est na- » turel de penser que ce phénomène est analogue à celui qui a donné » naissance aux arkoses, et que c'est probablement à la même cause que » sont dus les minéraux qui existent dans l'un et dans l'autre grès (1). »...

» Déjà dans son premier Mémoire M. Rozet parlait des rapports intimes qui existent entre les filons de quartz et ces roches singulières, qui avaient déjà attiré il y a bien des années l'attention de M. Gilet de Laumont, que l'un de vos Commissaires, M. Brongniart, avait senti l'utilité de distinguer sous le nom spécial d'*arkoses*, et dont nous devons une connaissance si précise aux travaux de notre confrère, M. de Bonnard. Dans son second Mémoire M. Rozet revient sur cet objet avec beaucoup plus d'étendue. Nous avons cité, dit-il, une localité près d'Autun, où l'on voit un filon de quartz sortir du granite, s'épanouir sur la surface, englober les fragments de cette roche et former l'arkose. L'année dernière (1837) ce point était le seul où nous ayons pu voir le phénomène aussi clairement, prendre précisément la nature sur le fait. Mais cette année (1838), guidé par M. Moreau, professeur de mathématiques au collége d'Avallon, et par M. Desplaces de Charmasse, nous avons pu étudier avec soin dans les environs d'Avallon, contrée rendue classique par les travaux de M. de Bonnard, une foule d'autres points où le phénomène se montre encore plus clairement qu'à Autun, et avec une foule de circonstances nouvelles et très remarquables.

---

(1) *Considérations générales sur le plateau central de la France, et particulièrement sur les terrains secondaires qui recouvrent les pentes méridionales du massif primitif qui le compose;* par M. Dufrénoy, *Annales des Mines*, 2ᵉ série, t. II, p. 335, 1828. — *Voyez* aussi *Mémoires pour servir à une description géologique de la France*, t. I, p. 311.

» L'un de vos Commissaires a eu l'avantage de pouvoir visiter ces intéressantes localités l'année dernière (1839) sous la conduite de MM. Rozet et Moreau et en compagnie de M. le baron de Beust, conseiller des mines de Saxe, déjà bien connu des géologues par son beau travail sur les porphyres de l'Erzgebirge (1). Ce dernier savant, dans un autre Mémoire qu'il a publié depuis sur la théorie des filons, a signalé les faits qu'on observe près d'Avallon au nombre de ceux qui sont les plus propres à éclairer sur l'origine des gîtes métallifères. Il indique des analogies de composition frappantes entre les filons des environs d'Avallon et ceux qui dans les environs de Freyberg sont désignés sous le nom de *Spath gänge* (2). Mais quel que soit l'intérêt qui s'attache aux localités d'Avallon, de Pont-Aubert, du Vau de Lugny, du Moulin de Ruas, de Pierre Perthuis, etc.,... qui probablement sont destinées à devenir classiques pour la science, l'étendue déjà trop grande de ce Rapport ne nous permettra pas d'en présenter la description. Nous renverrons pour la connaissance détaillée des faits qui s'y observent, aux Mémoires de MM. de Bonnard, Rozet, Moreau et de Beust, et nous nous bornerons à rappeler en général les circonstances qui s'y manifestent en indiquant la manière dont M. Rozet propose de les expliquer.

» Les variétés de quartz si répandues dans le terrain d'arkose sont absolument les mêmes, dit M. Rozet, que celles qui forment de nombreux filons dans le granite inférieur. De plus la baryte sulfatée et la galène sont aussi abondants au milieu des filons de quartz du granite, que dans les arkoses : il doit donc exister une intime liaison entre les uns et les autres. Les arkoses siliceux sont tellement une dépendance des filons de quartz, que ces roches n'existent pas sur les roches granitiques dépourvues de ces filons. On voit les filons de quartz entrer dans l'arène et la solidifier, dans l'argile et l'endurcir, au point qu'elle fait feu au briquet ; dans le calcaire et y répandre la silice en si grande quantité que le calcaire disparaît presque entièrement et que les fossiles qu'il renferme sont devenus siliceux. Tous les métaux que les filons de quartz renferment se trouvent répandus dans les roches qu'ils ont modifiées.

---

(1) *Geognostische skizze den Wichtigsten porphyrogebilde zwischen Freyberg, Frauenstein, Tharandt und Nassen, entworfen von F.-C. von Beust*, 1835.

(2) *Kritische beleuchtung der Wernerschen gantheorie von F.-C. von Beust.*

» L'aspect calcédonieux des parties les plus siliceuses du terrain d'arkose, les cavités des roches et les empreintes des coquilles tapissées de cristaux de quartz, annoncent que la silice devrait être dissoute dans l'eau comme celle que lancent encore les geysers d'Islande : les filons de quartz qui finissent par se perdre dans les arkoses, occupent peut-être la place de conduits qu'ont suivis à différentes époques des eaux thermales chargées d'une grande quantité de silice. Ces eaux, dit M. Rozet, devaient être acides; car les salbandes granitiques des filons sont toujours décomposées jusqu'à une certaine profondeur, et dans cette action, c'est l'alcali qui a été enlevé au feldspath. En pénétrant dans l'arène les eaux se refroidissaient, et la silice se solidifiait dans tous les interstices et cavités où elle avait été portée : quand l'émission avait lieu dans un endroit où le granite n'était pas recouvert, il s'y faisait un dépôt siliceux semblable à ceux que l'on voit se former autour des geysers, et de là ces grandes masses de silex presque pur que nous présente le terrain d'arkose. Les arkoses inférieurs aux marnes irisées, qui dans les environs d'Autun et du mont Saint-Vincent, offrent une stratification régulière, montrent que l'émission a pu avoir lieu probablement sous les eaux. Alors la silice devait probablement flotter quelque temps dans le liquide à l'état gélatineux avant d'agglutiner les débris au milieu desquels elle était poussée.

» Indépendamment du quartz, de la baryte sulfatée, du spath-fluor, de la galène et du fer oligiste, qui donnent au terrain d'arkose un aspect si particulier, M. Rozet, dans une dernière Note présentée à l'Académie le 10 février 1840, signale, dans le lias de la Bourgogne, des parties dolomitiques qui, en elles-mêmes, constituent un point de rapprochement avec le lias des Cévennes, de l'Aveyron et du département du Var, dont certaines couches sont souvent à l'état de dolomie terreuse.

» Dans l'examen des autres terrains stratifiés de la Bourgogne, auquel s'est également livré M. Rozet, il a aussi constaté le fait remarquable d'une discordance de stratification qui existe à Châteauneuf, entre le système du lias et celui des marnes irisées sur lequel il repose.

» Une investigation suivie de tous les arkoses de la Bourgogne lui a fait découvrir plusieurs superpositions qui prouvent que ces roches, ainsi que l'a déjà fait voir d'une manière générale M. Brongniart dans le Mémoire où il leur a imposé leur nom, n'appartiennent pas toutes à une seule et même formation, et que tandis qu'une partie d'entre elles se rattache au lias dont elles contiennent les fossiles, d'autres, ainsi que l'ont pensé plu-

sieurs géologues et notamment votre rapporteur (1), sont plus anciennes et font partie du système du tryas.

» Au-dessus des arkoses, M. Rozet a observé en beaucoup de points des environs d'Autun et du Creusot un grès de couleur rouge et très grossier, qui est immédiatement superposé au terrain houiller. M. Rozet rapporte ce grès à la formation du grès rouge, mais il indique en même temps qu'il passe insensiblement aux arkoses par lesquels il est recouvert. Votre rapporteur est porté à croire, tant par cette circonstance que par quelques autres, que ce grès grossier, coloré en rouge, pourrait appartenir au tryas comme les arkoses qu'il supporte, et même à la division la plus élevée du tryas, c'est-à-dire aux marnes irisées. Cette modification n'entraînerait du reste aucun changement essentiel dans la manière d'interpréter les faits géologiques observés dans ces contrées.

» M. Rozet ne pouvait manquer de porter aussi son attention sur les faits qui attestent que le sol des contrées qu'il a explorées a éprouvé des mouvements postérieurement à la consolidation des roches dont la surface est formée. Il remarque que les granites et les porphyres forment différents massifs dont chacun a pour centre une cime plus proéminente que les autres, de laquelle partent des ramifications divergentes qui vont en s'abaissant à mesure qu'elles s'étendent. Quand les ramifications de deux centres différents viennent à se rencontrer, c'est toujours à une dépression, à un col formant un sommet concave dans la courbe qui, suivant les crêtes de chaque ramification, joindrait les deux centres d'où elles proviennent. Tous ces massifs, dit M. Rozet, sont généralement placés comme des individus isolés et absolument comme si chacun existait indépendamment des autres. Il en signale cependant un certain nombre qui s'alignent dans la direction du sud au nord. Votre rapporteur s'étonne seulement qu'il n'ait pas été également frappé des nombreux exemples d'alignement du N.-O. au S.-E. qui s'y font aussi remarquer, soit dans le Morvan, soit dans les environs d'Autun.

» L'existence de chacun de ces centres culminants paraît à M. Rozet un effet de soulèvement et il voit des preuves de cette hypothèse dans les formes mêmes des montagnes.

---

(1) Voyez *Recherches sur quelques-unes des révolutions de la surface du globe*, par M. Élie de Beaumont, dans l'édition française du *Manuel de Géologie* de M. de la Bèche, p. 636, et dans le *Traité de Géognosie* de M. d'Aubuisson, continué par M. Amédée Burat, tome III, p. 322.

» Dans la région granitique, entre la Clayte et Autun, le granite s'élève jusqu'à 760^{m} au-dessus de la mer, et il s'abaisse au-dessous de 230. Cette différence de 530 mètres, qui exprime le maximum de relief des montagnes, annonce que la surface granitique, si à une certaine époque elle a été à peu près horizontale, comme l'est par exemple la surface des Ardennes ou celle des steppes granitiques de l'Ukraine, a dû éprouver depuis des mouvements considérables.

» Chacune des régions granitiques et porphyriques que M. Rozet décrit successivement, lui fournit l'occasion d'une remarque du même genre.

» Aux environs de Chenelette et de Propières, il existe, dit M. Rozet, plusieurs beaux massifs de soulèvement, parmi lesquels ceux des monts d'Ajoux et de la Taar-Vayon méritent surtout d'être cités. Le massif de la Taar-Vayon a pour centre un cône presque parfait, élevé de 957 mètres au-dessus du niveau de la mer, d'où partent des ramifications peu étendues. Différentes variétés de porphyre, noir, gris, blanchâtre, rouge et vert entrent dans la composition de ce massif. Une belle pointe de porphyre brun, et une autre de porphyre blanchâtre, forment le sommet sur lequel on remarque les ruines d'une ancienne forteresse.

» Les montagnes porphyriques, dont les plus hauts sommets s'élèvent à 1012 mètres au-dessus du niveau de la mer, ont en outre présenté à M. Rozet des cirques qui lui paraissent dus à des soulèvements, et dans lesquels des rivières plus ou moins considérables prennent leur source. Le village de Cours est situé, dit M. Rozet, à l'entrée d'un vaste cirque porphyrique où se trouvent les sources de la Trambouze. Des cirques analogues s'observent à Murs, Belmont, Rouchal, Belle-Roche, Paule, les Ardaillats, Avenas, Mansol et Matour, Saint-Igny et Propières, etc., où se trouvent les sources du Chandenet, de l'Aaron, du Rabin, du Botovet, de l'Azergue, de l'Ardière, de la Grosne et des différentes branches du Sornin. Tous ces cirques, dont les parois sont découpées par de profondes vallées et de nombreux ravins, affectent la forme d'un cône elliptique dont le sommet est en bas. Les montagnes qui forment les parois s'élèvent de 250 à 365 mètres au-dessus du fond du cirque sur lequel il existe plusieurs points desquels on peut parfaitement embrasser tout l'ensemble d'un seul coup d'œil.

» M. Rozet trouve encore des traces de phénomènes de soulèvement dans les lambeaux du terrain schisteux dispersés sur les flancs des montagnes porphyriques et bouleversés par les porphyres qui les traversent sous forme de filons.

» Il en trouve de même dans certains lambeaux de la formation des arkoses, du tryas, qui sont portés sur les sommets de plusieurs montagnes jusqu'à 603 mètres de hauteur au-dessus du niveau de la mer, tandis que les autres parties de la formation sont généralement beaucoup moins élevées (de 400 à 480 mètres au plus).

» Le terrain jurassique, plus moderne et déposé après les phénomènes d'éruption qui ont bouleversé une partie de ces contrées, présente cependant des traces d'ondulations opérées sur une large base et peu sensibles dans un point donné, mais qui se manifestent clairement quand on compare entre eux des points éloignés.

» La hauteur moyenne au-dessus de la mer, de la ligne fort irrégulière suivant laquelle s'opère la séparation entre le terrain granitique et le terrain jurassique, est de 270 mètres. A partir de là le sol s'élève vers les grandes sommités du Morvan, dont la hauteur dépasse 500 mètres, et il s'abaisse, en allant vers le pied des escarpements du calcaire à entroques. Cette suite d'escarpements, formant une falaise demi circulaire autour du massif granitique du Morvan, atteint une hauteur moyenne de 340 mètres au-dessus de la mer, c'est-à-dire 70 mètres de plus que le pied du massif granitique, et notablement plus considérable qu'un grand nombre de points de ce même massif; il y a même des escarpements du calcaire à entroques dont la hauteur va jusqu'à 422 mètres.

» Si, à l'époque du dépôt des couches, les hauteurs relatives avaient été ce qu'elles sont aujourd'hui, toute la partie de la surface granitique qui se trouve maintenant inférieure à la surface jurassique aurait été couverte par les dépôts qui se formaient; mais comme ces dépôts ne dépassent pas une certaine ligne dont la hauteur est bien inférieure à celle qu'atteignent ces dépôts eux-mêmes, il faut qu'ils aient été soulevés postérieurement à leur formation ou que le terrain granitique se soit abaissé; ce qui est en soi-même peu probable, et ce que rien dans la contrée ne conduit à supposer.

» Il est donc prouvé qu'il y a eu entre le massif granitique et les plateaux calcaires un mouvement relatif dont la moyenne est au moins de 70 mètres, et qui, en quelques points, est de plus de 90 mètres; et il est très probable que ce mouvement est un excès d'élévation de la partie calcaire.

» Les assises du système oolitique qui forment ces plateaux calcaires de la Bourgogne se retrouvent sur les bords de la Loire, entre Roanne et Digoin. La manière dont elles sont déposées en formant sur les deux flancs opposés de la chaîne granitique et porphyrique deux bandes qui ne se lient entre elles en aucun endroit, prouve qu'à l'époque de son dépôt la partie

centrale de cette chaîne était déjà entièrement au-dessus des eaux; mais auparavant, à l'époque de la formation des arkoses, les deux mers communiquaient, car ces roches se trouvent sur plusieurs plateaux de la ligne de partage et sur quelques-uns des sommets les plus élevés. M. Rozet remarque en outre que les assises du système oolitique disparaissent sur les bords de la Loire, suivant une ligne irrégulière élevée de 280 mètres au-dessus du niveau de la mer, tandis que dans les pentes correspondantes de la vallée de la Saône, la ligne suivant laquelle le terrain jurassique s'enfonce sous le terrain de transport n'est élevée que de 180 à 190 mètres au-dessus du même niveau, c'est-à-dire 100 mètres de moins que du côté de la Loire. La même différence existe entre les cours de ces deux rivières : la hauteur de la Loire à Roanne est de 269 mètres, et celle de la Saône à Beauregard, qui se trouve à la même latitude que Roanne, n'est que 168 mètres. On voit par là, dit M. Rozet, que, depuis le dépôt des couches jurassiques, le sol de ces contrées a éprouvé un mouvement général, et que le soulèvement doit avoir été beaucoup plus considérable le long de la Loire que le long de la Saône.

» M. Rozet admet, dans les montagnes qu'il a explorées, six époques principales de soulèvement:

» 1°. Celle des leptinites et des gneiss;

» 2°. Celle des granites dont quelques-uns sont postérieurs au terrain schisteux, puisqu'ils y forment des filons;

» 3°. Celle des porphyres les plus anciens qui ont produit une partie des éléments du terrain houiller. Il suppose cette époque distincte de celle des granites;

» 4°. Celles des eurites qui ont traversé le terrain houiller et dont les éruptions se sont terminées avant le dépôt des couches auxquelles M. Rozet donne le nom de grès rouge, couches qui restent complétement étrangères à la charpente des montagnes porphyriques et euritiques;

» 5°. De nouvelles commotions ont élevé sur quelques sommets les arkoses de la formation du tryas et ont produit la discordance de stratification que M. Rozet signale entre les marnes irisées et le lias. Ces derniers mouvements paraissent avoir ouvert les derniers canaux par lesquels s'est épanché le quartz, qui, accompagné de baryte sulfatée, de spath-fluor et de galène pénètre, jusque dans les premières assises du lias;

» 6°. Les éruptions basaltiques sont arrivées beaucoup plus tard.

» M. Rozet admet en outre que le sol de ces contrées et même, dit-il, du plateau central de la France aurait subi un mouvement général d'incli-

naison en tournant autour d'une charnière située dans la vallée de la Saône, fait qui lui paraît résulter de ce que la Loire, avec les terrains secondaires qu'elle traverse, se trouve, ainsi que nous l'avons rapporté ci-dessus, élevée de 100 mètres de plus que la Saône et les terrains secondaires correspondants de la vallée.

» En 1835, dans un Mémoire sur les soulèvements jurassiques (1), M. Rozet avait déjà indiqué que dans ses divers soulèvements, la surface inclinée du Jura doit avoir tourné dans son ensemble autour d'une charnière également située dans la vallée de la Saône. Le lit de cette rivière occuperait ainsi une ligne sinclinale sensiblement dirigée du nord au sud, autour de laquelle deux immenses surfaces, celle du Jura et celle du plateau central de la France, auraient tourné en se soulevant.

» Les assises jurassiques qui composent la chaîne du Jura étant sensiblement identiques avec celles du versant oriental de la chaîne qui sépare la Saône de la Loire, il est probable que ces assises se continuent et se réunissent au-dessous de cette grande plaine couverte d'alluvions que traverse la Saône. Le bassin qu'elles forment en se pliant ainsi a été comblé par un dépôt de transport ancien, espèce de limon caillouteux accumulé probablement dans un vaste lac. M. Rozet a fait sur ce dépôt des observations qui ne sont pas sans intérêt, mais dont la nécessité d'abréger ce Rapport, déjà trop long, nous permet à peine de dire quelques mots. Il distingue dans ce dépôt un étage inférieur formé de débris à l'état de galets et de cailloux roulés dont la grosseur varie depuis celle d'une noisette jusqu'à celle de la tête au plus. Dans plusieurs endroits on voit des lits et des bancs de calcaire d'eau douce au milieu des cailloux roulés, dont ils englobent toujours une certaine quantité. Ils sont accompagnés de minerai de fer. L'étage supérieur est formé de marnes argileuses et de sables fins avec bancs solides de minerai de fer pisiforme. Indépendamment des coquilles terrestres et d'eau douce, peu différentes des nôtres, qui sont énumérées dans le Mémoire, on a trouvé dans ce terrain des ossements d'*éléphant*, de *mastodonte*, de *rhinocéros*, d'*hyène*, de *chevaux*.

» Les deux bords de ce dépôt se trouvent encore sensiblement au même niveau (216 à 220 mètres au-dessus de la mer), sur le pied occidental de la chaîne du Jura et sur le pied oriental de celle de la Bourgogne.

---

(1) *Bulletin de la Société géologique de France*, année 1835, t. VI, p. 192.

Il vient ensuite, en s'abaissant graduellement des deux côtés, jusqu'au lit de la Saône, où il n'atteint plus que 180 à 185 mètres à la surface des deux bourrelets qui bordent à droite et à gauche le lit de cette rivière. Cette différence de 30 à 40 mètres exprime probablement la profondeur que conservait le lac lorsqu'il a cessé d'exister.

» Sa suppression date de la grande catastrophe diluvienne qui a laissé, dans les sillons dont elle a creusé son fond, des traces de son passage; mais M. Rozet signale avec raison comme un fait digne de remarque, que ces traces ne s'étendent pas à l'ouest de la Saône, et que le phénomène des blocs erratiques est presque inconnu dans la masse des montagnes à laquelle son Mémoire est consacré.

» Les bords mêmes de la Saône ont fourni à M. Rozet le sujet de plusieurs remarques curieuses relatives à la marche des alluvions de l'époque actuelle. Le mécanisme de leur production est facile à saisir. En s'étendant dans les prairies, l'eau des crues perd de sa vitesse, dépose les matières qu'elle tenait en suspension en vertu de cette même vitesse, et forme ainsi une couche très mince.

» Dans le lit, où l'eau a conservé toute sa vitesse, cette couche ne se forme point, en sorte que les berges de la rivière s'élèvent à chaque débordement.

» Le terrain ainsi formé, qui a succédé immédiatement au grand dépôt diluvien, date de l'existence de l'homme dans la contrée ou lui est très peu antérieur, car il renferme dans ses parties moyennes des ossements humains, des débris de poteries grossières, des briques, etc.

» On n'a jamais trouvé aucun débris de l'espèce humaine ni aucune trace de son industrie, soit dans le grand dépôt diluvien, soit dans le terrain de transport plus ancien sur lequel il repose.

» M. Rozet remarque que si nous avions un moyen de déterminer l'accroissement annuel moyen de l'attérissement de la Saône, nous pourrions fixer approximativement depuis quel temps l'homme a paru dans le bassin de cette rivière. Je suis heureusement parvenu cette année (1838), ajoute M. Rozet, à découvrir un phénomène qui peut y conduire.

» La grande voie romaine de Trèves à Lyon, passant par Langres et Châlon-sur-Saône, traversait la prairie de la Dheune, un des affluents de la Saône, à 2000 mètres à l'ouest du village de Paleau... Cette voie a été enfouie sous les attérissements de la Dheune, et son pavé, uni et en très bon état, se trouve maintenant recouvert par une couche de ces attérissements ayant $0^{m},32$ d'épaisseur.

» Établissant une proportion entre cette épaisseur et l'épaisseur totale des attérissements modernes, M. Rozet calcule que ces derniers n'ont pas dû mettre plus de 12 000 ans à se former, d'où il résulterait que la première apparition de l'homme dans ces contrées est encore moins reculée.

» M. Rozet a trouvé aussi, dans la contrée qu'il a explorée, l'occasion de s'occuper des cavernes à ossements. On sait que les géologues sont divisés sur la manière dont s'est opérée l'accumulation des ossements fossiles dans certaines cavernes. Les uns pensent que ce phénomène est dû à des courants d'eau qui, traversant ces cavernes, y ont entraîné des débris d'animaux pendant une longue suite d'années; les autres soutiennent, avec M. Buckland, que, dans un grand nombre de cas, ils y ont été apportés par des carnassiers qui les habitaient.

» M. Rozet a eu occasion d'observer en 1838 un fait qui lui paraît propre à montrer que, dans une même caverne, l'accumulation a pu être l'effet des deux causes agissant successivement. La caverne de Vergisson lui semble présenter des ossements de deux époques bien distinctes : les uns, engagés dans un travertin rougeâtre, sont distribués à l'entrée et sur les parois de la caverne, comme s'ils y avaient été, dit-il, apportés par une onde qui, venant battre dedans, ne dépassait pas la moitié de la hauteur; les autres, beaucoup plus modernes, ont évidemment été apportés par les carnassiers depuis la retraite des eaux. Ces carnassiers sont des renards qui habitent encore la caverne.

Conclusions.

» Quelques-unes des déductions contenues dans le Mémoire de M. Rozet pourraient sans doute donner matière à des discussions; mais nous craindrions, en nous y livrant, d'abuser des moments de l'Académie. Ces discussions, d'ailleurs, ne nous paraissent pas nécessaires pour faire sentir tout le mérite de la persévérance que M. Rozet a mise à profiter des facilités que lui donnaient ses travaux géodésiques et topographiques et de tous les loisirs qu'ils pouvaient lui laisser, pour avancer l'exploration géologique des contrées où ils le conduisaient. M. Rozet y a découvert des faits nouveaux, dont plusieurs sont curieux et concourent non-seulement à l'avancement de la géographie minéralogique, mais même à l'éclaircissement de différents points de la géologie, ce qui nous a paru les rendre dignes d'être enregistrés dans les annales de la science et de fixer quelques instants l'attention de l'Académie. Ils nous auraient même paru très susceptibles, en eux-mêmes, d'obtenir les honneurs de l'insertion dans les volumes

des *Savants étrangers ;* peut être aurions-nous seulement desiré que l'exposition en fût rendue plus indépendante des considérations théoriques; mais comme nous savons que le travail de M. Rozet doit paraître prochainement dans un recueil scientifique, nous nous bornerons à proposer à l'Académie de remercier l'auteur de ses communications, et de l'inviter à poursuivre toujours avec la même ardeur ses utiles investigations dans les contrées qu'il pourra encore se trouver appelé à parcourir. »

Les conclusions de ce Rapport sont adoptées.

NOMINATIONS.

L'Académie procède, par voie de scrutin, à l'élection d'un membre pour la place vacante, dans la section de Minéralogie et de Géologie, par suite du décès de M. *Brochant de Villiers.*

La liste présentée par la section porte les noms suivants:

1°. M. Dufrénoy;
2°. M. Constant Prévost;
3°. M. Boblaye.

Le nombre des votants est de 46.

Au premier tour de scrutin,

M. Dufrénoy obtient.... 24 suffrages;
M. Constant Prévost..... 22

M. Dufrénoy, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé membre de l'Académie; sa nomination sera soumise à l'approbation du Roi.

MÉMOIRES LUS.

PHYSIOLOGIE ZOOLOGIQUE. — *Nouvelles observations sur l'organe électrique du Silure électrique (Malapterus electricus,* Lacépède*); par* M. Valenciennes.

(Commissaires, MM. Geoffroy-Saint-Hilaire, Duméril, Serres, Milne Edwards.)

« Le poisson de la famille des Silures qui partage avec la Torpille et le Gymnote, le pouvoir de donner des commotions électriques, a été annoncé

aux naturalistes en 1756, par Adanson, *Voyage au Sénégal;* mais ce célèbre voyageur n'en a donné ni description, ni figure. Ce poisson, vu d'abord dans le Sénégal, fut depuis observé dans le Nil; en 1775, les éditeurs des manuscrits de Forskal en publièrent une description fort étendue, laissée par ce savant danois, mais sous le faux nom de *Raja torpedo.* Ce n'est qu'en 1782 que Broussonnet donna, dans les *Mémoires de l'Académie des Sciences*, la première figure de cette espèce, et qu'il la rapporta au genre des Silures. Depuis, on a obtenu une première connaissance de l'anatomie de ce curieux poisson, par les observations faites en Égypte par M. Geoffroy-Saint-Hilaire: il s'occupa de rechercher l'organe électrique de ce Silure, et il en a publié la description dans les *Annales du Muséum*, et ensuite il les a fait représenter sur les planches du grand ouvrage d'Égypte, dont l'explication descriptive a été donnée par M. Isidore Geoffroy-Saint-Hilaire. En 1824, M. Rudolphi fit de nouvelles recherches anatomiques sur ce siluroïde, et les publia accompagnées de fort belles planches, dans les Mémoires de l'Académie de Berlin. Il fit déjà mieux connaître l'organe auquel ce poisson doit la faculté remarquable qui ne lui est commune qu'avec un si petit nombre des animaux de sa classe.

» On trouve ce curieux organe immédiatement sous la peau des flancs et au-dessus des muscles latéraux du corps qu'il recouvre.

» M. Geoffroy, qui l'a décrit le premier (1), en parle comme d'un amas de tissu cellulaire serré et épais, composé de véritables fibres tendineuses, qui, par leurs différents entrecroisements, forment un réseau dont les mailles ne sont visibles qu'à la loupe, et dont les petites cellules sont remplies d'une substance albumino-gélatineuse. Il est séparé de l'intérieur par une très forte aponévrose, que l'on ne peut enlever sans la déchirer, et qui tient aux muscles par un tissu cellulaire, rare et peu consistant. Une branche du nerf de la huitième paire descend vers le bas de la poitrine, et se porte sous la lame aponévrotique qu'il parcourt en donnant à droite et à gauche des nerfs qui la percent et qui pénètrent dans le tissu cellulaire de l'organe où ils s'épanouissent.

» M. Rudolphi (2) a bien reconnu cette tunique celluleuse et aponévrotique décrite par M. Geoffroy; et, de plus, il en a indiqué une seconde.

(1) *Annales du Muséum*, tome I, page 392.

(2) Rudolphi, *Mémoir. Acad.* Berlin, 1824, page 139.

» M'étant occupé de rechercher, pour la rédaction de l'histoire des poissons, la structure et la nature de l'organe électrique du Malaptérure, j'ai reconnu, comme les deux observateurs que je viens de citer, la tunique extérieure, qui consiste en effet en une couche épaisse d'un tissu cellulaire spongieux, situé immédiatement sous le derme, et qui y est tellement adhérent, qu'il faut pour le mettre à nu ouvrir les cellules de sa surface externe. Cette première tunique est doublée à sa face interne d'une aponévrose argentée et fibreuse à laquelle le tissu spongieux adhère non moins fortement. Cette membrane s'étend depuis le front et les ouïes jusqu'au dernier rayon de l'anale; l'aponévrose finit au même endroit et ne s'étend pas sur le tronçon de la queue du poisson. C'est sous cette tunique que marchent les grands troncs vasculaires et nerveux dont les rameaux percent l'aponévrose interne, et se divisent de suite en une infinité de filets excessivement fins, et devenant promptement difficiles à poursuivre avec le scalpel, ou même à voir à l'aide d'une loupe. Ils ont été parfaitement bien représentés par M. Rudolphi.

» Mais entre cette aponévrose et les muscles j'ai trouvé non pas une, mais d'abord deux tuniques semblables entre elles, qu'après une macération de quelques jours, j'ai pu déplisser en six feuillets superposés. Ces feuillets, minces comme des aponévroses, sont parfaitement distincts, faciles à séparer l'un de l'autre et des muscles qu'ils recouvrent et auxquels ils ne tiennent que par un tissu cellulaire assez lâche et peu abondant. Ils s'étendent tous plus loin que la première tunique et vont jusqu'à l'extrémité de la queue, en touchant à la base des rayons de la caudale; ils sont denses quoique minces, leur surface externe devient facilement floconneuse par l'imbibition de l'eau. Ils reçoivent par leur face externe des filets du grand nerf qui passe sous l'aponévrose; à leur face interne les nerfs naissent des intercostaux.

» Vu à de forts grossissements le tissu de ces membranes se montre identique, et composé de fibrilles semblables à celles des aponévroses, entrelacées d'une manière plus lâche, laissant entre elles de nombreuses cellules.

» Je démontre donc ici que dans le Malaptérure il existe entre la peau et les muscles deux tuniques dont on ne trouve aucun vestige dans les siluroïdes non électriques; que la plus externe, celle que je regarde comme la partie essentielle de la batterie électrique du poisson, est un organe nerveux, et qui, à cause de sa contexture et du grand vaisseau qui y porte le sang, a une structure analogue à celle du tissu érectile;

que la seconde tunique, vue par M. Rudolphi, au lieu d'être simple, est composée au moins de six feuillets superposés et séparés l'un de l'autre par un tissu cellulaire lâche et devenant floconneux par l'imbibition de l'eau.

» Cette description plus détaillée qu'on ne l'avait encore donnée prouve aussi que l'appareil électrique du Silure diffère de celui de la torpille et de celui du gymnote, quoiqu'il soit, comme dans ces deux espèces, un appareil essentiellement nerveux.

» Ces membranes fonctionnent-elles à la fois pour la production de l'électricité, ou les feuillets internes sont-ils destinés à isoler la première, et à garantir le corps du poisson des chocs de sa batterie qui résiderait dans la couche externe? Ce sont des questions qui ne peuvent être résolues par l'examen d'animaux conservés dans l'alcool et que des expériences faites sur le poisson vivant pourraient seules éclaircir. »

BOTANIQUE. — *Observations sur des appendices particuliers de la caudicule dans l'appareil sexuel des Orchidées, et sur plusieurs espèces de la tribu des Vandées; par* M. Mutel, capitaine d'artillerie. (Extrait par l'auteur.)

(Commissaires, MM. Auguste de Saint-Hilaire, de Jussieu.)

« Le caractère distinctif de la tribu des *Vandées* est la présence de la caudicule qui sert à relier les masses de pollen à la glande du stigmate. Cette caudicule, analysée avec soin, offre des appendices particuliers, qui sont les vrais ligaments servant à maintenir les masses de pollen sur la caudicule. Ces ligaments, presque toujours très courts, et au nombre d'un ou de deux, rarement plus, sont tantôt simples, tantôt bifides ou bilobés, tantôt très développés, tantôt à peine distincts, et presque toujours d'une autre couleur ou au moins d'une autre nuance que la caudicule. Ordinairement ils sont logés en entier dans l'intérieur des masses de pollen, ou dans leur sillon, quand il existe; ou bien ils sont entourés par leurs bases rapprochées, de sorte qu'ils sont toujours invisibles quand celles-ci sont en place. Mais si l'on écarte les masses lentement, on voit les ligaments se dégager peu à peu en s'allongeant beaucoup, jusqu'au moment où séparés des masses, et ainsi devenus libres au sommet, ils se raccourcissent subitement, et persistent au sommet de la caudicule sous une forme variable, mais constante dans chaque genre; de sorte qu'ayant

remarqué diverses formes dans divers genres, j'ai donné à ces ligaments le nom de *frénicules*, comme indépendant de leur forme particulière, et indiquant leur objet spécial. Ces frénicules forment par leur nature, leur couleur, leur élasticité et leur emplacement, le passage des masses de pollen à la caudicule. Dans le cas où les frénicules sont bifides ou bilobés, ils s'étirent en deux branches distinctes dont chacune maintient alors une masse de pollen. »

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

ZOOLOGIE. — *Mémoire sur une classification des infusoires en rapport avec leur organisation; par* M. F. DUJARDIN. (Extrait par l'auteur).

(Commissaires, MM. de Blainville, Serres, Milne Edwards.)

« Les vrais infusoires, dont on a dû séparer les systolides ou rotateurs, les bacillariées, et beaucoup d'autres êtres microscopiques confondus précédemment avec eux, ont une forme irrégulière plus ou moins variable et essentiellement *asymétrique* ou dépourvue de symétrie, tendant à se rapprocher de la figure sphérique ou ovoïde, soit par l'effet de leur contractilité propre, soit quand la vitalité diminue chez eux.

» Ils peuvent, sans cesser de vivre, subir les altérations ou les déformations les plus variées par l'effet d'une blessure quelconque ou d'une décomposition partielle, ou par suite de quelque changement survenu dans la composition du liquide dans lequel ils nagent.

» Leur forme montre souvent d'ailleurs, soit dans les plis, les rides ou les stries de la surface, soit dans l'arrangement des cils vibratiles, une tendance à la disposition spirale ou en hélice, qui paraît caractériser exclusivement cette classe, et la distingue surtout des radiaires.

» Les infusoires se produisent de germes inconnus dans les infusions soit artificielles, soit naturelles; on ne leur connaît aucun autre mode de propagation bien avéré que la division spontanée. La substance charnue de leur corps est extensible et contractile, comme la chair musculaire des animaux supérieurs; mais elle ne laisse voir absolument aucune trace de fibres ou de membranes et se montre entièrement diaphane et homogène; cette substance, isolée par le déchirement ou la mort de l'animal, forme dans le liquide des disques ou des globules réfractant fort peu la lumière

et susceptibles de se creuser spontanément de cavités sphériques analogues par leur aspect aux vésicules de l'intérieur.

» Les vésicules formées à l'intérieur des infusoires sont dépourvues de membrane propre et peuvent se contracter jusqu'à disparaître, ou bien se souder et se fondre plusieurs ensemble. Les unes, prises pour des *estomacs*, se produisent au fond d'une sorte de *bouche;* elles renferment l'eau engloutie avec les aliments et parcourent un certain trajet à l'intérieur sans conserver aucune connexion entre elles ou avec la bouche. Elles se contractent ensuite en laissant, au milieu de la substance charnue, glutineuse, les particules non digérées, ou bien elles évacuent leur contenu par une ouverture fortuite qu'à tort on a prise pour un *anus*. Les autres vésicules, ne contenant que de l'eau, se forment plus près de la surface, et paraissent devoir admettre et expulser leur contenu à travers les mailles d'un tégument lâche, contractile. On peut d'après Spallanzani, les considérer comme des organes respiratoires.

» Les organes extérieurs du mouvement sont des *filaments flagelliformes*, ou des cils vibratiles, ou des prolongements charnus sans tégument, lesquels paraissent tous formés de la même substance vivante et sont contractiles par eux-mêmes dans toute leur étendue. Aucun n'est de nature épidermique ou cornée, ni sécrété par un bulbe.

» Les œufs des infusoires, leurs organes génitaux, leurs organes des sens, ainsi que leurs nerfs et leurs vaisseaux, ne peuvent être exactement déterminés, et tout porte à croire que ces animaux bien que doués d'un degré d'organisation en rapport avec leur manière de vivre, ne peuvent avoir les mêmes systèmes d'organes que les animaux supérieurs. Les points colorés, ordinairement rouges, que l'on a pris pour des yeux, par exemple, ne peuvent avec la moindre certitude recevoir cette dénomination.

» Si, partant de ces données de l'observation, on veut établir pour les infusoires une classification basée sur leurs seuls caractères réels, on ne tarde pas à reconnaître que la forme qui, considérée d'une manière générale, a pu servir à caractériser les vrais infusoires comme des animaux *asymétriques* en séparant tout d'abord quelques types symétriques isolés et sans rapport entre eux; on reconnaît, dis-je, que la forme ne peut fournir de caractères génériques ou spécifiques d'une manière absolue: la forme, en effet, au contraire de ce qu'on observe dans les autres classes du règne animal, est presque toujours éminemment variable. Il faut recourir, pour caractériser les ordres, les familles et les genres, à la présence et à la disposition de certains appendices extérieurs qui avaient échappé aux moyens

d'observation des anciens micrographes; puis compléter les caractères génériques par l'indication de quelque caractère secondaire pris de la forme ou de quelque particularité qui ne peut être exprimée avec la concision qui est le propre des phrases linnéennes. Quant aux espèces, on est réduit à employer, pour les distinguer, des considérations de grandeur, de couleur, d'habitation, etc., qui ne sont point de vrais caractères spécifiques dans le sens que Linné et ses successeurs ont attaché à ce mot.

» D'après ces principes on peut diviser les *infusoires asymétriques* en cinq ordres, dont le premier ne présente *aucun organe* spécial pour la locomotion; les animaux qui le composent appartiennent à la seule famille des VIBRIONIENS: ils sont longs, filiformes, et paraissent se mouvoir uniquement en vertu de leur contractilité générale. Un deuxième ordre, comprenant les trois familles des AMIBIENS, des RHIZOPODES et des ACTINOPHRYENS, sera caractérisé par des *expansions variables* formées par la substance même du corps, laquelle, par l'effet d'une force propre, s'allonge et s'étend en lobes, en filaments susceptibles par la rétraction de revenir plus ou moins promptement se fondre dans la masse. La lenteur extrême des mouvements caractérise la dernière famille; la présence d'un têt distingue les Rhizopodes des Amibiens, qui sont nus. Un troisième ordre prendra son caractère distinctif du *filament flagelliforme*, ou des deux ou plusieurs filaments semblables servant d'organes locomoteurs, et qu'on a pris mal à propos pour des trompes. Cet ordre sera divisé, d'après la présence et la nature d'un tégument, en six familles; la première seule présente des animaux nus, les MONADIENS; les deux suivantes comprennent des animaux soudés par leurs téguments, savoir, les VOLVOCIENS soudés en une masse commune libre; les DINOBRYENS, soudés par un point seulement en un polypier rameux souvent fixé. Deux autres familles, les THÉCAMONADIENS et les EUGLÉNIENS renferment des animaux pourvus d'un tégument; mais dans ceux-ci le tégument est contractile et le corps change de forme incessamment; dans ceux-là le tégument n'est pas contractile et la forme est invariable. Une dernière famille enfin, celle des PÉRIDINIENS, se distingue par son tégument non contractile portant un sillon garni de cils vibratiles.

» Un quatrième ordre comprend les infusoires ciliés sans tégument contractile: il est divisé d'après l'absence ou la présence d'une rangée de cils en écharpe ou en moustache, d'après la présence d'une bouche et des appendices ou cirrhes en forme de styles ou de crochets, et enfin d'après la présence d'une cuirasse réelle ou apparente. Les ENCHÉLYENS, qui sont la première famille de cet ordre, n'ont que des cils épars et ne mon-

trent pas de bouche. Les TRICHODIENS, la seconde famille, ont une bouche bien évidente ou indiquée par une rangée de cils en moustache. La troisième famille, celle des KÉRONIENS, est caractérisée par la présence des appendices ou cirrhes en forme de styles ou de crochets. La quatrième, celle des PLOESCONIENS, montre une apparence de cuirasse qui disparaît et se décompose comme la partie vivante de l'animal. La cinquième, au contraire, celle des ERVILIENS, est distinguée par une cuirasse réelle et persistante.

» Le cinquième et dernier ordre se compose de tous les infusoires plus élevés en organisation, qui présentent un tégument lâche, contractile, indiqué par des plis réguliers, ou des stries, ou des granulations à la surface, ou simplement par la disposition sériale régulière des cils vibratiles qui, dans ce cas, couvrent tout le corps. L'absence d'une bouche distingue une première famille, celle des LEUCOPHRYENS. Deux autres familles, les PARAMÉCIENS et les BURSARIENS, ont au contraire une bouche bien évidente; mais dans ceux-ci seulement cette bouche est munie d'une rangée de cils plus forts en écharpe ou en spirale. Les infusoires des deux dernières familles se distinguent des précédentes, parce qu'au lieu de nager librement dans le liquide, ils sont fixés au moins temporairement : ce sont les URCÉOLARIENS, qui se fixent volontairement, et les VORTICELLIENS, qui naissent fixés et ne deviennent libres qu'à une certaine époque, ou bien sont toujours fixés.

» Telles sont les vingt familles qui, à part les *Vibrioniens*, trop imparfaitement connus, me paraissent ainsi rangées de la manière la plus naturelle et la plus conforme à leurs affinités mutuelles. Elles se divisent, d'après des caractères secondaires, en quatre-vingt-quinze genres environ, comme on le voit dans le tableau suivant :

Infusoires asymétriques.

ORDRE I^{er}. Animaux sans organes locomoteurs visibles.

1^{re} *famille*. VIBRIONIENS. Corps filiforme, contractile. (Genres, *Bacterium*, *Vibrio*, *Spirillum*.)

ORDRE II. Animaux pourvus d'expansions variables.

Expansions visiblement contractiles, simples ou ramifiées :

2^{me} *famille*. AMIBIENS. Nus, rampants, de forme incessamment variable. (Genre *Amiba*.)

3^{me} *famille*. RHIZOPODES. Animaux rampants ou fixés, sécrétant une coque ou un têt d'où sortent des expansions incessamment variables. (Genres, *Arcella*, *Difflugia*, *Trinema*, *Euglypha*, *Gromia*, *Miliola*, *Vorticialis*, etc.)

×× Expansions très lentement contractiles :

4^{me} *famille*. ACTINOPHRYENS. Animaux presque immobiles, à expansions rayonnées. (Genres, *Actinophrys*, *Acineta*.)

ORDRE III. Animaux pourvus d'un ou de plusieurs filaments flagelliformes servant d'organes locomoteurs.

Sans aucun tégument :

5^{me} *famille*. MONADIENS. Animaux nageants ou fixés. (Genres, *Monas*, *Amphimonas*, *Cercomonas*, *Trepomonas*, *Cyclidium*, *Hexamita*, *Chilomonas*, *Heteromita*, *Trichomonas*, *Uvella*, *Anthophysa*.)

++ Pourvus d'un tégument.

Agrégés. Flottants ou fixés :

6^{me} *famille*. VOLVOCIENS. Téguments soudés en une masse commune libre. (Genres, *Volvox*, *Pandorina*, *Uroglena*, *Gonium*.)

7^{me} *famille*. DINOBRYENS. Téguments soudés par un point en polypier rameux. (Genre, *Dinobryon*.)

Isolés. Nageants :

8^{me} *famille*. THÉCAMONADIENS. Tégument non contractile. (Genres, *Trachelomonas*, *Cryptomonas*, *Phacus*, *Crumenula*, *Diselmis*, *Plæotia*, *Anisonema*, *Oxyrhis*)

9^{me} *famille*. EUGLÉNIENS. Tégument contractile. (Genres, *Peramena*, *Astasia*, *Euglena*, *Zygonema*, *Heteronema*, *Polynema*.)

10^{me} *famille*. PÉRIDINIENS. Tégument non contractile avec un sillon garni de cils vibratiles. (Genres, *Peridinium*, *Ceratium*.)

ORDRE IV. Animaux ciliés sans tégument contractile; nageants.

Nus :

11^{me} *famille*. ENCHÉLYENS. Sans bouche, cils épars. (Genres, *Acomia*, *Gastrochæta*, *Enchelys*, *Alyscum*, *Uronema*).

12^{me} *famille*. TRICHODIENS. Bouche visible ou indiquée par une rangée de cils en écharpe ou en moustache, point de cirrhes. (Genres, *Trichoda*, *Trachelius*, *Acineria*, *Pelecida*, *Dileptus*.)

13^{me} *famille*. KÉRONIENS. Avec une bouche, une rangée de cils en écharpe, et des appendices ou cirrhes en forme de styles ou crochets. (Genres, *Halteria*, *Oxytricha*, *Kerona*.)

Cuirassés :

14^{me} *famille*. PLOESCONIENS. Cuirasse diffluente ou décomposable comme le reste du corps. (Genres, *Diophrys*, *Coccudina*, *Plœsconia*, *Chlamidodon*, *Loxodes*.)

15me *famille*. Erviliens. Cuirasse réelle, persistante ; un pédicule court. (Genres, *Ervilia*, *Trochilia*.)

ORDRE V. Animaux ciliés, pourvus d'un tégument lâche, réticulé, contractile, ou chez lesquels les cils, par leur disposition sériale régulière, dénotent la présence d'un tégument.

Toujours libres:

16me *famille*. Leucophryens. Sans bouche. (Genres, *Spathidia*, *Leucophra*, *Opalina*.)

17me *famille*. Paraméciens. Avec une bouche, sans rangée de cils en moustache. (Genres, *Pleuronema*, *Lacrymaria*, *Glaucoma*, *Kolpoda*, *Paramecium*, *Amphileptus*, *Loxophyllum*, *Chilodon*, *Panophrys*, *Nassula*, *Holophrya*, *Prorodon*.)

18me *famille*. Bursariens. Avec une bouche et une rangée de cils plus forts en moustache ou en spirale. (Genres, *Plagiostoma*, *Ophryoglena*, *Bursaria*, *Spirostomum*, *Kondylostoma*.)

Fixés soit volontairement, soit par leurs organes:

19me *famille*. Urcéolariens. Fixés volontairement. (Genres, *Stentor*, *Urceolaria*, *Ophrydia*, *Urocentrum*.)

20me *famille*. Vorticelliens. Fixés au moins temporairement par leurs organes. (Genres, *Scyphidia*, *Epistylis*, *Vorticella*, *Vaginicola*.)

Infusoires symétriques.

Planariola, *Coleps*, *Chætonotus*.

HYGIÈNE. — *Des habitations considérées sous le double rapport de la salubrité publique et privée ;* — 3e Mémoire, *Influence de l'action solaire sur l'économie ; par* M. Petit, de Maurienne.

(Commission précédemment nommée.)

MÉCANIQUE. — *Mémoire sur les pressions qui ont lieu dans l'intérieur d'un vase d'où l'eau s'écoule par un orifice circulaire horizontal percé en mince paroi ; par* M. Lechevallier.

(Commissaires, MM. Savart, Coriolis, Pouillet.)

M. Vallot adresse une Note ayant pour titre : *Sur l'Astacobdelle branchiale.* L'auteur désigne sous ce nom la sangsue qui vit sur les branchies

de l'écrevisse. Le nom de branchiobdelle, qu'on avait appliqué précédemment à l'animal, ne lui paraît pas devoir être conservé, puisqu'il sert déjà dans quelques ouvrages à désigner les hirudinées pourvues de banchies.

(Commissaires, MM. Audouin, Milne Edwards.)

M. **Martin** envoie une Note ayant pour titre : *Mesure de la longitude et de la latitude.*

(Commissaires, MM. Beautemps-Beaupré, de Freycinet.)

CORRESPONDANCE.

CHIMIE. — *Expériences pour la détermination précise du poids atomique du carbone.* — Lettre de M. **Dumas** à M. *Arago.*

« Obligé, par un état de santé fort triste, d'aller passer un mois aux eaux d'Aix, en Savoie, je prends la liberté de vous adresser un Mémoire que nous desirons présenter à l'Académie, M. Stass et moi. Il est relatif à la détermination précise du poids atomique du carbone.

» Nous avons fait quatorze expériences à ce sujet, et chacune d'elles avec tous les soins imaginables : elles concordent toutes. Ces expériences ont été exécutées en brûlant du charbon pur ou des composés très carbonés et bien connus. La combustion se passait dans l'oxigène, et l'on avait soin de sécher exactement, par le chlorure de calcium et l'acide sulfurique, les gaz obtenus.

» Ainsi séchés ils traversaient deux appareils d'absorption remplis de potasse liquide et un troisième appareil plein de potasse en poudre. L'augmentation de poids de ces trois appareils donnait le poids de l'acide carbonique obtenu.

» Ainsi, nous connaissions le poids du charbon brûlé et celui de l'acide carbonique obtenu; d'où l'on pouvait déduire, sans aucune hypothèse, le rapport selon lequel les deux corps se combinent.

» D'après M. Berzélius ce rapport est de 200 oxigène à 76,52 carbone;

» D'après nos expériences, il en est tout autrement; car nous trouvons :

» Par la combustion de la naphtaline, dans quatre expériences,

75,21,
75,01,
75,08,
75,07;

par la combustion du camphre, dans trois expériences,

75,1,
75,1,
75,0;

par la combustion de l'acide benzoïque, dans deux expériences,

75,09,
75,06;

par celle du graphite naturel de Ceylan, dans trois expériences,

74,91,
75,04,
74,99;

par celle du graphite artificiel, extrait d'un fer très graphiteux, dans deux expériences,

74,87,
74,90.

» Tous ces nombres s'accordent à montrer que le véritable poids atomique du carbone est bien 75 et non pas 76,52. Il y a donc une erreur de 2 pour 100 dans l'un des éléments les plus indispensables à la formation des formules actuellement employées en chimie organique.

» C'est dire qu'il y aura bien des formules à modifier, bien des analyses à refaire, surtout en ce qui concerne les corps riches en carbone où l'on a pu commettre de très graves erreurs.

» L'Académie remarquera avec intérêt que cette longue et pénible série d'expériences nous a ramenés au poids atomique deviné par le Dr Prout, qui avait supposé, dès long-temps, que le poids atomique du charbon devait être égal exactement à 6 fois celui de l'hydrogène. Or, en effet, $12,5 \times 6 = 75$, nombre qui offre la moyenne de nos résultats.

» Si, comme le pense le Dr Prout, et comme cela paraît maintenant fort probable, tous les poids atomiques sont des multiples de celui de l'hydrogène par des nombres entiers, il y aurait bien des choses à rectifier dans les poids atomiques actuellement admis. Une expérience ultérieure prononcera sur ce point; mais, dès à présent, il est évident qu'il faut la soumettre à une vérification sérieuse.

» L'Académie remarquera avec intérêt que le poids atomique du carbone qui résulte de nos expériences, s'accorde bien mieux que l'ancien avec les belles analyses du spath d'Islande, de l'arragonite et du marbre, faites avec tant de soin par MM. Thenard et Biot, ainsi qu'avec les densités de l'oxigène et de l'acide carbonique déterminées soit par MM. Biot et Arago, soit par M. de Saussure, dont les résultats se rapprochent aussi des nôtres en ce qui regarde la combustion du charbon.

» M. Boussingault nous a communiqué des analyses de bitume qui concordent pleinement avec nos résultats. »

M. Bazin adresse un résumé de ses *Recherches sur les connexions anatomiques, physiologiques et zoologiques du système nerveux*.

Voici quelques-unes de ses propositions les plus générales :

« 1°. L'encéphale est un centre où viennent aboutir tous les nerfs sensitifs de la vie animale ou de relation et d'où partent tous les nerfs moteurs soumis à la volonté.

» 2°. Les circonvolutions, la coque du noyau encéphalique de Treviranus, ou ce qui recouvre les renflements ganglionnaires nommés *corps striés*, *couches optiques*, *tubercules quadrijumeaux* ou *bijumeaux*, le *noyau* du cervelet, sont formées par l'épanouissement de nerfs sensitifs et par l'extrémité centrale des nerfs moteurs soumis à la volonté.

» La *coque* des corps striés et des couches optiques est presque exclusivement due à l'épanouissement des nerfs olfactifs et des nerfs optiques et à celui des pyramides. Le corps calleux appartient principalement à l'entrecroisement des faisceaux des lobes antérieurs; la voûte, à celui des lobes postérieurs.

» 3°. La substance grise est une substance intermédiaire entre les extrémités des nerfs sensitifs et celles des nerfs moteurs.

» 4°. Il n'existe point de ganglions sans substance grise : les renflements nerveux où elle manque sont des plexus destinés à changer la direction des filets nerveux.

» 5°. La moelle épinière est un tronc formé par la réunion de tous les nerfs de la vie animale et de quelques filets des nerfs végétatifs des membres et du tronc de l'animal.

» 6°. La moelle épinière est composée de quatre cordons principaux, deux supérieurs, appartenant aux nerfs sensitifs, et deux inférieurs appartenant aux nerfs moteurs. »

M. Vallot écrit relativement à une note dans laquelle M. *Walferdin* donne la température de la source de la Seine.

M. Vallot suppose que M. Walferdin a pris pour la source de cette rivière le ruisseau qui coule dans le bourg de Saint-Seine.

M. Walferdin parle au contraire de l'*abbaye de Saint-Seine*, qui n'est point située dans le *bourg de Saint-Seine*, mais près de la ferme d'Évergereaux. (Voir le *Compte rendu* de la séance du 27 juillet, t. XI, p. 171.)

M. Vallot, dans une autre lettre, appelle l'attention sur une mucédinée développée à la surface d'une feuille de poirier et qu'il désigne sous le nom de *Sphæria Pyri*.

MICROGRAPHIE. — *Sur la cause de la coloration en rouge des marais salants méditerranéens.* — Lettre de M. Joly à M. *Flourens*.

(Commissaires, MM. Flourens, Audouin, Milne Edwards.)

« Dans la lettre que j'eus l'honneur d'adresser à l'Académie des Sciences le 8 octobre dernier, je disais que la coloration en rouge des marais salants méditerranéens a pour *cause unique* la présence d'une innombrable quantité d'animaux infusoires du genre des monades.

» Obligé de venir à Paris, j'ai voulu essayer s'il me serait possible d'y apporter en vie les animalcules en question, et j'ai parfaitement réussi, grâce à quelques précautions. Malgré les secousses nombreuses et violentes auxquelles ils ont été soumis pendant un voyage de plus de 200 lieues, un grand nombre de nos animalcules vivent encore aujourd'hui 17 août; mais ils sont moins agiles qu'ils ne l'étaient à l'époque où je les ai retirés des salines de Villeneuve (7 août).

» L'exactitude de mes observations a du reste été déjà confirmée sur les lieux par un membre de l'Académie, M. Milne Edwards qui, à son passage à Montpellier, a bien voulu m'accompagner aux salines de Ville-

neuve. Un fait dont je dois la connaissance à ce savant doit être ajouté à ceux que j'ai déjà consignés dans mon histoire de l'*Artemia salina* (1). Au moyen de son excellent microscope et d'un grossissement dont je n'avais pu disposer lorsque je faisais mes premières observations (800 fois), M. Milne Edwards a découvert, et j'ai vu après lui sur la région frontale de mes monades, deux points noirâtres ou d'un rouge foncé, tout-à-fait analogues à ceux que M. Ehrenberg considère comme des yeux.

» Je dirai encore en terminant que si au moment où l'on observe ces animalcules, on verse sur le porte-objet une goutte d'eau douce, on les voit non-seulement devenir instantanément globuleux, ainsi que je l'ai avancé ailleurs; mais ils agitent leurs filaments flagelliformes avec une rapidité étonnante, et semblent éprouver une sorte de malaise. »

GÉOGRAPHIE. — *Cartes de l'état de Venezuela* (*Amérique du sud*).

M. le colonel **Codazzi** présente une carte géographique de la république de Venezuela, carte qu'il a dressée en exécution d'un décret du congres constituant de cet état, datant de l'année 1830.

Les opérations qui ont servi à cette carte ont duré dix années. La latitude et la longitude de tous les points principaux ont été déterminées au moyen d'observations astronomiques faites avec d'excellents instruments. Les hauteurs des lieux habités, des plaines, des grandes vallées et des sommets les plus remarquables des montagnes ont été obtenues, les unes par des observations barométriques, les autres au moyen d'observations trigonométriques. Plusieurs des points dont la position géographique et l'altitude ont été déterminées par M. Codazzi, l'avaient été précédemment soit par M. de Humboldt, soit par M. Boussingault, et l'accord parfait qui règne en général entre les résultats obtenus donne la mesure du degré de confiance qu'on peut accorder au nouveau travail.

Outre cette carte, qui est construite sur une échelle assez grande pour que les moindres villages aient pu y trouver place, pour que tous les chemins grands et petits y soient tracés, et que le point où chaque rivière

(1) *Histoire d'un petit crustacé auquel on a faussement attribué la coloration en rouge des marais salants méditerranéens, suivie de recherches sur la cause réelle de cette coloration*

navigable cesse de porter bateau y soit indiqué avec précision, M. Codazzi a dressé un atlas du même pays, dans lequel des cartes réduites représentent les divisions politiques du pays à différentes époques: dans l'état actuel, pendant les guerres de l'indépendance, sous la domination espagnole et avant l'arrivée des Européens. Dans cette dernière carte les fleuves, les montagnes, les provinces conservent les noms qui leur avaient été imposés par les indigènes. L'emplacement de chaque tribu américaine, à la fin du XV[e] siècle, y est soigneusement indiqué, et une notation particulière permet de reconnaître les peuplades qui habitent encore leur ancien territoire, celles qui se sont déplacées ou fondues avec d'autres, et celles enfin qui ont complétement disparu.

Une des cartes de l'atlas est destinée à montrer les différents bassins du système hydrographique de Venezuela; une autre indique les parties du pays en culture, celles qui sont en prairies et propres seulement à la nourriture du bétail, enfin celles qui sont encore couvertes de forêts.

A ces cartes sont joints de nombreux documents manuscrits qui contiennent les éléments d'une statistique complète du pays.

(MM. Arago, Élie de Beaumont, Boussingault, Savary, prendront connaissance du travail de M. Codazzi, et en feront l'objet d'un rapport.)

MM. Soyez et Ingé présentent une *statuette,* et une *tête en ronde-bosse* plus grande que nature, exécutées d'après les *procédés galvano-plastiques* de M. Jacoby, modifiés pour cette nouvelle application. MM. Ingé et Soyez présentent une branche de buis recouverte également d'une couche de cuivre métallique qui en laisse voir tous les détails.

M. Soyez déclare que par cette nouvelle méthode il exécuterait l'éléphant de la place de la Bastille pour le tiers de la somme qu'il avait demandée quand il s'agissait de le couler en bronze.

M. Boscawen-Ibbetson adresse de Londres une épreuve d'une planche lithographique qu'il annonce avoir été obtenue, en douze heures, au moyen d'une image daguerrienne.

Cette épreuve représente diverses coquilles fossiles; l'auteur annonce l'intention de former, par ce moyen, un atlas paléontologique à l'usage des géologues; l'économie du procédé permettra, dit-il, de rendre les planches très nombreuses en tenant les prix très bas.

M. Vérusmor écrit de Cherbourg relativement à un *incendie attribué à*

la chute d'un météore igné, et qui a eu lieu dans la nuit du 3 au 4 août, dans la ferme de Tamerville, près de Valognes. « On n'a pas vu, à la vérité, dit l'auteur de la lettre, tomber le bolide sur le bâtiment incendié; mais six personnes dignes de foi et qui se trouvaient sur trois points différents, ont vu, vers 9 heures $\frac{1}{2}$, un météore igné sillonnant les airs et se dirigeant du nord au sud dans la direction de la maison incendiée, sur laquelle la ligne oblique qu'il décrivait avait dû le faire tomber. Une heure plus tard les bâtiments de la ferme étaient en feu. »

La séance est levée à 5 heures. **F.**

Errata. (Séance du 10 août.)

Page 236, ligne 21, fonction, *lisez* fraction
Page *ib.* ligne *ib.*, de combustible, *lisez* du combustible
Page *ib.* ligne 31, flottante, *lisez* frottante.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

L'Académie a reçu dans cette séance les ouvrages dont voici les titres :

Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie royale des Sciences; 2e semestre 1840, n° 6, in-4°.

Exercices d'Analyse et de Physique mathématique; par M. A. Cauchy; 9e liv., in-4°.

Bulletin de la Société anatomique; juillet 1840, in-8°.

Essai chimique et technologique sur le Polygonum tinctorium; par MM. Girardin et Preisser; Rouen, in-8°.

Des Fonctions génératrices et du rang qu'elles occupent dans la vie de l'Homme; par M. Ribes; Montpellier, in-8°.

Paléontologie française. — Description zoologique et géologique de tous les Animaux mollusques et rayonnés fossiles de France; par MM. d'Orbigny et Delarue; 1re—4e liv., in-8°.

Histoire naturelle générale et particulière des Crinoïdes vivants et fossiles; par MM. A. d'Orbigny et de la Plante; 1re liv., in-4°.

Histoire naturelle des Coléoptères de France; par M. Mulsant; 1re liv., in-8°.

Cours de Cosmographie; par M. Mutel; 2e édit., in-8°.

Nouvelles suites à Buffon. — Histoire des Végétaux phanérogames, par M. Spach; 9e vol., in-8°.

Bulletin de l'Académie royale de Médecine; juillet 1840, in-8°.

Société d'Agriculture, Sciences et Arts de Meaux; mai 1838 à mai 1839, in-8°.

Mémorial encyclopédique et progressif des Connaissances humaines; juillet 1840, in-8°.

Revue progressive d'Agriculture, de Jardinage, etc.; août 1840; in-8°.

Bibliothèque universelle de Genève; n° 54; juillet 1840, in-8°.

L'Univers et ses Mondes, et l'Homme et ses Espèces; par M. Mouraview; Saint-Pétersbourg, in-8°.

Astronomische... *Nouvelles astronomiques de* M. Schumacher; n° 407, in-4°.

Annalen.... *Annales de l'Observatoire de Vienne;* 19e partie, in-fol.

Flora der... *Flore de la ville de Lemberg; par* M. A. Zawadzki; Lemberg, 1836; in-8°.

Memoria.... *Mémoire sur les rapports qui existent entre le calcul des Résidus et le calcul des Limites,* présenté à l'Académie royale des Sciences de Turin, par M. A. Cauchy. — Calcolo.... *Calcul des indices des Fonctions; par* le même. (Extraits du tome XXII des Mémoires de la *Société des Sciences de Modène.*) Modène, in-4°.

Descrizione.... *Description de quelques nouvelles espèces de Mammifères et Reptiles italiens; par* M. le professeur Savi: Pise, 1839; 2 feuilles in-8°.

Gazette médicale de Paris; tome 8, n° 33.

Gazette des Hôpitaux; n° 94—96.

L'Esculape; n° 4.

L'Expérience, journal de Médecine; n° 163, in-8°.

COMPTE RENDU

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

COMPTE RENDU

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 24 AOUT 1840.

PRÉSIDENCE DE M. SERRES, VICE-PRÉSIDENT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur les fonctions alternées qui se présentent dans la théorie des mouvements planétaires; par* M. AUGUSTIN CAUCHY.

« On sait que, dans la théorie des planètes, les variations des constantes arbitraires renferment trente coefficients, égaux deux à deux au signe près, mais dont chacun change de signe, quand on échange l'une contre l'autre, les deux quantités dont il contient les dérivées partielles. Ces coefficients sont donc des espèces de fonctions différentielles alternées de ces mêmes quantités. Les fonctions de cette forme jouissent de diverses propriétés, dont la plus importante, découverte par Lagrange, se rapporte à un système d'équations différentielles du genre de celles qu'on obtient dans la mécanique, ou bien encore à des équations différentielles plus générales, dont j'ai donné la forme dans un Mémoire de 1831. Mais lorsqu'on veut déterminer exactement ces fonctions, dans la théorie des mouvements planétaires, le calcul direct est assez long. Pour remédier à cet inconvénient, M. Poisson a fait servir à la détermination des fonctions

dont il s'agit, les intégrales premières des équations du mouvement, en examinant ce que deviennent ces intégrales dans le mouvement troublé. Je me suis demandé s'il n'y avait pas quelque moyen simple d'arriver aux valeurs de ces mêmes fonctions, sans recourir à la considération des forces perturbatrices. Ayant réfléchi quelque temps sur ce sujet, j'ai été assez heureux pour obtenir une méthode qui, non-seulement, conduit très facilement au but que je m'étais proposé, mais qui de plus a l'avantage d'ajouter au beau théorème de Lagrange d'autres propositions assez dignes de remarque, par exemple, celle que je vais indiquer.

» Si l'on combine deux à deux les quatre quantités qui, dans le mouvement d'une planète, représentent les coordonnées polaires, mesurées dans le plan de l'orbite, l'inclinaison de cette orbite, et l'angle formé par un axe fixe avec la ligne des nœuds, les douze fonctions alternées que l'on pourra former avec ces quatre quantités, et qui, deux à deux, seront égales au signe près, resteront indépendantes du temps, comme celles que l'on forme avec les valeurs des constantes arbitraires, tirées des intégrales du mouvement elliptique. De plus, des six valeurs numériques de ces douze fonctions, quatre s'évanouiront, et le rapport entre les deux autres valeurs numériques sera le cosinus de l'inclinaison de l'orbite. »

RAPPORTS.

Rapport sur les travaux scientifiques exécutés pendant le voyage de la frégate la Vénus, *commandée par M. le capitaine de vaisseau* Du-Petit-Thouars.

(Commissaires, MM. Beautemps-Beaupré, de Blainville, Élie de Beaumont, Arago rapporteur.)

« Le Gouvernement envoie, de temps à autre, des bâtiments de l'État, dans les régions où il lui semble utile de montrer notre pavillon, de donner appui et protection aux navires baleiniers, de demander la réparation de quelque insulte, de recueillir des documents précis sur les rades, les ports où des escadres pourraient aller se réparer, renouveler leurs vivres et s'approvisionner d'eau et de bois. Tel fut, nous le supposons du moins, le but du voyage de *la Vénus*. Les journaux apprirent au public, il y a environ un an, que la frégate venait de rentrer à Brest après avoir rempli,

avec beaucoup de distinction, la mission dont elle était chargée. En rapprochant cette circonstance du Rapport que nous allons présenter à l'Académie, personne ne doutera plus que, sans s'écarter en rien d'un itinéraire tracé par les besoins de la politique, du commerce ou par les exigences de l'honneur national, les navires de guerre ne puissent, à l'avenir, grandement contribuer au progrès des sciences. L'exemple donné par M. Du-Petit-Thouars fructifiera : nous en avons pour garant le zèle, l'ardeur et les connaissances solides de la plupart des officiers de notre marine.

Itinéraire du voyage.

» *La Vénus* quitta *Brest* le 29 décembre 1836. Elle jeta l'ancre à *Sainte-Croix-de-Ténériffe* le 9 janvier 1837, en partit le lendemain et arriva à *Rio-Janeiro*, le 4 février suivant. La frégate remit à la voile le 16 février, doubla le *Cap Horn* le 21 mars, par 60° de latitude australe, et mouilla à *Valparaiso* le 26 avril. Le 25 mai, nous trouvons *la Vénus* au *Callao* : elle était sortie de *Valparaiso* le 13 du même mois. Sa traversée du *Callao* à *Honoloulou* (îles *Sandwich*) s'effectua du 2 juin au 9 juillet; celle des îles *Sandwich* à la baie d'*Avatcha*, dans le *Kamtschatka*, du 25 juillet au 30 août; la traversée du *Kamstchatka* à *Monterey* (*Haute-Californie*), du 15 septembre au 18 octobre. La frégate appareillait de *Monterey* le 14 novembre; elle entrait dans la *baie* de *la Magdeleine* (*Basse-Californie*) le 25 novembre; remettait sous voiles le 7 décembre; atteignait *Mazatlan* (côte du *Mexique*) le 12 du même mois; y séjournait jusqu'au 18; mouillait à *San-Blaz* (*Mexique*) le 20; en partait le 27 et, après avoir prolongé la côte, arrivait à *Acapulco* le 7 janvier 1838. Le 24, *la Vénus* se dirigeait vers *Valparaiso*, et y jetait l'ancre le 18 mars. Le 28 avril nous la trouvons sous voiles, faisant de nouveau route pour le *Callao de Lima*, où elle entre le 10 mai. Le 6 juin, la frégate était à *Payta*. Le 17, nous la voyons cinglant vers l'archipel des *Gallapagos*; elle pénètre dans ce groupe d'îles le 21; le quitte le 15 juillet, faisant route vers les îles *Marquises* et ensuite vers *Taïti*; elle jette l'ancre dans la baie de *Papeïti*, le 29 août; en part le 17 septembre; détermine, pendant sa traversée, les positions des îles *Taboui-Manou*, *Hul*, *Mangia*, *Rarotouga*; arrive à la *Baie des Iles* (*Nouvelle-Zélande*), devant *Kororareka*, le 11 octobre; quitte cette baie le 14 novembre; jette l'ancre le 23 au port *Jackson*, d'où elle part le 18 décembre; passe au sud de la terre de *Van-Diémen* et atteint l'*île de Bourbon* le 5 mars 1839. Le 9 du même mois, *la Vénus* mettait déjà sous voiles. Le 29, nous la trouvons à *False-Bay* du cap de *Bonne-Es-*

pérance ; le 22 avril elle quitte cette rade, mouille à *Sainte-Hélène* le 7 mai, en part le 11, visite le 16 l'*île de l'Ascension* et jette enfin l'ancre, en rade de *Brest,* le 24 juin 1839, après 30 mois de navigation.

» Voilà l'itinéraire du voyage de *la Vénus.* Faisons maintenant l'énumération des acquisitions dont la science sera redevable à cette campagne, mais sans perdre de vue que la frégate avait une mission purement politique, commerciale; sans jamais oublier que les officiers n'étaient nullement tenus de se livrer aux nombreuses observations météorologiques, magnétiques, de physique terrestre, qui ont tant ajouté à leurs fatigues.

Géographie.

» Dans l'état actuel de la géographie, les tables de latitudes et de longitudes, ne pourront guère être perfectionnées que par des observateurs sédentaires. Les navigateurs, à qui les exigences de missions politiques, commerciales ou militaires ne donnent pas la faculté de coordonner les époques de départ et d'arrivée avec les phénomènes célestes, se trouvent souvent dans l'impossibilité de recourir pour leurs travaux, aux observations, aux méthodes qui donneraient le plus d'exactitude. Cependant, le voyage de *la Vénus* sera loin d'être sans intérêt, même sous ce rapport. Nous voyons, en effet, dans les journaux de terre :

» Une observation d'occultation de δ du Bélier faite à *Rio-Janeiro* (1);

» Une observation d'occultation de ϵ du Bélier faite à *Tahiti;*

» Une observation d'éclipse de soleil, faite à *Valparaiso;*

» Plusieurs séries de culminations lunaires;

» Plusieurs séries de hauteurs de deux astres et de leurs différences d'azimut, obtenues à l'aide d'un théodolite de M. Gambey, répétiteur sur le sens vertical et sur le sens horizontal. On pourra apprécier, par ce travail, le degré d'exactitude que le nouveau procédé promet, quant à la détermination des coordonnées géographiques à terre.

» Dans plusieurs points importants, à *Valparaiso,* à *Monterey,* à *Acapulco,* à *Kororareka* (Baie des Iles), M. *Du-Petit-Thouars* s'est occupé

---

(1) Cette observation, calculée provisoirement en mer pendant le voyage, sur les données de la *Connaissance des Temps,* a conduit pour la longitude de Rio-Janeiro, au nombre .... 45° 30′ 47″.
Dans la table de la *Connaissance des Temps,* on trouve .... 45° 30′ 0″.

personnellement, de la vérification des longitudes, à l'aide d'observations de distances de la lune au soleil.

» A Monterey, le résultat moyen, déduit par M. le lieutenant Lefebvre, de l'ensemble des observations de M. le commandant de *la Vénus*, ne surpasse la longitude que donne la *Connaissance des Temps*, que de 2",5 (en temps); à *Acapulco* la différence, en sens contraire, s'élève à 12",5. A *Valparaiso*, elle va jusqu'à 27",5; à la Baie des Iles elle redescend à 2",6.

» L'officier qui s'est chargé de calculer les distances lunaires de M. Du-Petit-Thouars, les a partagées par groupes de quatre distances ou d'une seule répétition. Prenons les circonstances favorables, et nous trouverons que la longitude déduite d'une quelconque de ces *courtes* séries d'*observations courantes*, ne diffère de la moyenne de toutes que *d'une minute* en temps, au maximum. *Une* minute en temps, *quinze* minutes de degré, environ *six* lieues à l'équateur, telle serait l'incertitude sur la position d'un navire en longitude, après *une* observation facile, à la portée de tout le monde et qui n'exige pas pour être faite et complétée plus d'une à deux minutes. Si l'on ajoute que rien n'empêche de renouveler la mesure de la distance de la lune à un autre astre, quatre, six, huit, dix fois; que les erreurs à craindre, en tant qu'elles dépendent des observations, diminuent proportionnellement au nombre de répétitions, on demeure vraiment étonné de voir avec quelle facilité, avec quelle exactitude un navigateur, grâce au progrès des sciences, peut aujourd'hui, à l'aide d'un coup d'œil sur le ciel, trouver sa place sur le globe à toutes les époques du plus long voyage.

» Ces résultats ne sauraient être proclamés assez haut, dans un temps surtout où des esprits superficiels préconisent outre mesure la navigation purement chronométrique. Les vrais chronomètres sont incontestablement des machines admirables; dans aucune de ses œuvres, l'homme n'a montré plus d'adresse, plus de persévérance, plus de ressources, plus de génie; ne nous écrions pas, cependant, que l'art est arrivé à ses dernières limites; disons, au contraire, qu'il reste encore beaucoup à faire Nous n'en voulons pour preuve que les six chronomètres dont *la Vénus* avait été pourvue. Ces instruments portaient des noms assurément bien célèbres: les noms de Louis Berthoud, de Motel, de Breguet et, cependant:

» Dans le passage du Callao à Honoloulou, le n° 75 de Berthoud était déjà hors de service: il ne marchait plus;

» Le 12 juin 1839, le n° 9 de Breguet s'était aussi arrêté;

» Le 76 de Louis Berthoud qui, au départ de Brest, retardait sur le

temps moyen de 5",0 par jour, avançait au Callao de 0",8; à Honoloulou, de 3",4; à Valparaiso de 5",1; au port Jackson de 7",2, ce qui correspond, depuis le départ, à une variation totale, pour la marche diurne, de 12",2.

»Le n° 127 du même excellent artiste, varia, pendant toute la durée de la campagne, entre 11",3 d'avance et 0",9 de retard. Le changement total de marche en deux ans et demi, fut donc encore de 12",2.

»Les n^{os} 175 et 186 de Motel ont plus varié encore : le premier de 20",6; le second de 26",0.

»Il est juste de remarquer que ces changements ne s'opèrent pas brusquement; qu'à chaque point de relâche le navigateur a la ressource de déterminer la marche diurne chronométrique qu'il faudra employer dans le calcul des longitudes, pendant la traversée de ce point au point suivant; que, dès lors, les erreurs se trouvent bien circonscrites. Néanmoins, en choisissant un exemple dans les registres de *la Vénus*, nous trouvons qu'au port Jackson le n° 186 de M. Motel avançait de 25",7 par jour; au cap de Bonne-Espérance cette avance n'était plus que de 22",1. Prenons la moyenne, 23",9, de ces deux nombres, pour le vrai retard moyen durant la traversée entre la côte orientale de la Nouvelle-Hollande et le Cap. 23",9 diffèrent de 25",7, retard du port Jackson, de 1",8; en arrivant au Cap, après 90 jours de navigation, l'erreur de la longitude chronométrique aurait donc été de 2'42", c'est-à-dire trois fois plus considérable que l'erreur du résultat qu'on eût pu déduire d'une seule double observation de distance lunaire, faite avec le cercle à réflexion.

» Loin de nous la pensée de porter atteinte par ces remarques, à la grande et juste considération dont jouissent de fort habiles horlogers de France, d'Angleterre, du Danemarck, et particulièrement les trois constructeurs français de chronomètres que nous venons de citer. Tout ce que nous avons voulu, c'est de montrer, en opposition à certaines décisions irréfléchies, que dans l'horlogerie elle-même, que dans la branche de la mécanique où nos pères se sont le plus illustrés, le rôle de leurs descendants n'est pas irrévocablement celui de copistes serviles. Enfin, il nous a paru utile de prouver, qu'à l'époque actuelle, et pour qui sait y lire, la sphère céleste est encore le plus direct, le plus sûr, le plus exact des instruments de longitude. Une telle conclusion n'a rien, ce nous semble, dont l'amour-propre de personne au monde puisse s'offenser (1).

---

(1) Voici quelques résultats qui pourront intéresser les navigateurs :

Après 25 jours de traversée, à partir de Tahiti, la montre n° 76, correction faite

» Les journaux de *la Vénus* renferment une très nombreuse suite de déterminations de la distance de deux points de l'horizon visible diamétralement opposés. Ces déterminations, obtenues à l'aide d'un instrument de M. Daussy, sont accompagnées de toutes les données nécessaires sur l'état du baromètre et de l'hygromètre, sur la température de l'atmosphère et sur celle des eaux. Il sera donc facile de soumettre à une nouvelle discussion les règles empiriques d'après lesquelles on se croit aujourd'hui certain de deviner, sinon la valeur, du moins le signe des erreurs qui peuvent affecter les dépressions observées de la ligne bleue le long de laquelle l'atmosphère paraît reposer sur la mer. Hâtons-nous déjà de dire que dans cette multitude de résultats, il n'en est que deux d'où l'on déduise un exhaussement, au lieu d'une dépression; que deux fois seulement, pendant la plus longue campagne, l'horizon visuel s'est trouvé au-dessus de l'horizon rationnel.

» Les marins sont obligés de prendre hauteur dans des états de la mer quelquefois très peu favorables. La masse liquide, au lieu d'être unie, se trouve couverte de vagues mobiles, c'est-à-dire de sillons qui, par leurs crêtes, s'élèvent au-dessus de la surface générale d'équilibre, de toute la quantité, ni plus, ni moins, dont les *creux* s'abaissent au-dessous de cette même surface. Quelle influence un pareil état de la mer doit-il avoir sur la position de l'horizon visible? Quand on songe que le point observé peut correspondre dans certaines directions au sommet ou au creux d'une vague; que le navire est lui-même, tantôt dans l'une et tantôt dans l'autre de ces positions extrêmes, le problème semble d'abord assez compliqué. En y réfléchissant davantage, on voit, cependant, que l'existence simultanée des creux et de protubérances liquides, ne doit pas empêcher les protubérances de former seules, définitivement, la ligne bleue où se dirige la visée de l'observateur, où il prend ses points de repère; que dès-lors l'horizon visuel devra d'autant plus s'élever que la mer sera plus grosse.

» Les nombreuses observations faites à bord de *la Vénus*, confirment cet effet des vagues et en donneront la mesure. Ce sujet de recherches, malgré son importance, avait été à peine effleuré.

---

de la variation de sa marche, a donné pour la longitude de l'observatoire à la Baie des Iles (Nouvelle-Zélande)................................ 171°47′16″ est,

Les distances lunaires de M. Du-Petit-Thouars........ 171.49.40 est,

Les distances lunaires de M. Lefèbvre................ 171.50.40 est,

La *Connaissance des Temps* de 1842 donne.......... 171.50.20 est.

HYDROGRAPHIE.

» Long-temps avant de partir pour sa dernière expédition, en 1819 et en 1820, M. Du-Petit-Thouars avait pris une part très honorable aux travaux hydrographiques exécutés sur les côtes occidentales de France et à une exploration des courants de la baie de la Seine. Il était donc naturel de prévoir que l'hydrographie ne serait pas négligée pendant la campagne de *la Vénus*.

» Lorsque le commandant de cette frégate choisissait pour collaborateur, M. de Tessan qui, déjà en 1825, 1826, 1829, 1830, 1831, 1832 et 1833, concourait activement aux levés détaillés des côtes de France et de l'Algérie, il ne donnait pas une moindre garantie du soin et de l'exactitude dont toutes ses cartes, dont tous ses plans porteraient l'empreinte.

» Les cartes et plans que *la Vénus* ajoutera au riche portefeuille de la marine française, sont au nombre de vingt-un, savoir :

» 1°. Le plan de la baie de Valparaiso (Chili);

» 2°. Le plan de la baie du Callao de Lima (Pérou);

» 3°. Le plan des roches Hormigas (près du Callao de Lima);

» 4°. Le plan de la baie d'Avatscha (Kamtschatka);

» 5°. Le plan de la baie de Monterey (Californie);

» 6°. Le plan de la baie de San-Francisco (Californie);

» 7°. Le plan de l'île Guadalupa (côte de Californie);

» 8°. Le plan des roches Alijas (côte de Californie);

» 9°. Le plan de la baie de la Magdeleine (Basse-Californie);

» 10°. La carte de diverses parties de la côte du Mexique (entre le cap San-Lucar et Acapulco);

» 11°. Le plan de la baie d'Acapulco;

» 12°. Le plan de l'île de Pâques;

» 13°. La carte des îles Maz-à-Fuera et Juan Fernandez;

» 14°. La carte des îles Saint-Félix et Saint-Ambroise;

» 15°. Le plan de l'île Charles (Gallapagos);

» 16°. La carte d'une partie de l'archipel des Gallapagos;

» 17°. La carte de l'archipel des Marquises de Mendoça;

» 18°. Le plan de la baie de Papeïti (île Tahiti);

» 19°. La carte des îles Krusenstern, Tahiti, Tabouai-Manou, etc.;

» 20°. La carte des îles Hul, Mangia et Rarotonga;

» 21°. Le plan de la baie des Iles (Nouvelle-Zélande).

» Ce travail n'est pas seulement remarquable par son étendue; l'exactitude en fait le principal mérite. MM. Du-Petit-Thouars et Tessan, à qui la géographie le doit, ont constamment suivi les meilleures méthodes : celles dont l'hydrographie française donna l'exemple pendant l'expédition de d'Entrecasteaux et qui depuis servent de règle à tous les ingénieurs pénétrés des exigences, des devoirs rigoureux de leur noble profession. M. de Tessan exécutait les triangulations et levait les détails. M. Du-Petit-Thouars s'était réservé l'opération délicate, minutieuse des sondes. Celui de vos Commissaires à qui l'obligation est échue d'examiner plus particulièrement les nombreuses données recueillies par *la Vénus*, n'hésite pas à leur attribuer une précision supérieure à celle qu'on avait remarquée dans les résultats hydrographiques de plusieurs voyages récents.

» Un supplément aux Instructions nautiques rédigées pour *la Bonite*, invitait les officiers de ce navire à prendre des vues, développées sous forme de panoramas, des points les plus remarquables des côtes qu'ils longeraient. M. de Tessan doit être remercié de n'avoir pas oublié cette recommandation de l'Académie. Les vues dont il va enrichir le dépôt des cartes et plans de la Marine, sont des données presque immuables que les géographes, les hydrographes et les navigateurs pourront souvent consulter avec beaucoup d'avantage.

Marées.

» Des navigateurs, physiciens et astronomes, ne pouvaient oublier d'observer les marées. Le tableau, ci-joint, de l'heure de l'établissement et de l'unité de hauteur dans quinze ports différents, sera éminemment utile aux marins qui visitent la côte occidentale d'Amérique et les archipels de la Polynésie. Le problème des influences locales s'y présente d'ailleurs totalement dégagé d'une foule de circonstances auxquelles les bras de mer resserrés, sinueux, compris entre la France et l'Angleterre, ont peut-être fait attribuer un rôle trop prépondérant.

NOMS DES LIEUX.	HEURES DE L'ÉTABLISSEMENT.	UNITÉ DE HAUTEUR.
Petropaulovskoy	$3^h 54^m$	0,46
Monterey	$9^h 52^m$	0,98
Baie de la Magdeleine	7.37	1,38
Acapulco	3. 5	0,32
Ile Charles (Gallapagos)	3.19	0,89
Payta	3.18	0,89
Callao de Lima	6. 0	0,38
Valparaiso	9.40	0,79
Honoloulou (Sandwich)	$3^h 35^m$	0,29
Baie de la Résolution (Marquises)	5. 7	0,92
Baie de Papeïti (Tahiti)	de 1 à 2^h tous les jours	0,14
Baie des Iles (Nouvelle-Zélande)	7.40^m	1,02
Port Jackson (Nouvelle-Hollande)	9. 0	0,93
False-Bay (Cap de Bonne-Espérance)	3.10	0,85
Rio-Janeiro	2.30	0,52

» Après avoir vu, à l'aide de ce tableau, que la mer monte quatre fois moins à Acapulco qu'à la Magdeleine, et remarqué des différences de deux heures et quart, de quatre heures et demie entre les heures des marées dans des ports peu éloignés les uns des autres et situés sur une côte où l'Océan peut cependant se développer en toute liberté; après avoir pris note de l'intervalle d'environ trois heures, qui s'écoule depuis le moment de la haute mer à Payta jusqu'au moment de la haute mer au Callao, personne ne pourra soutenir que la question des marées soit épuisée; qu'il ne reste pas encore beaucoup à faire pour décider de quelle manière des obstacles invisibles, de quelle manière les inégalités du fond de la mer agissent sur la vitesse de propagation des vagues et sur leur hauteur. Dans le siècle où nous vivons, poser une question scientifique avec netteté, c'est la résoudre à moitié.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

Observations barométriques.

» Les journaux de la frégate offriront aux physiciens des observations de la pression atmosphérique, faites en mer, d'heure en heure, de jour comme de nuit, pendant près de deux ans et demi. Les observations barométriques sont très difficiles dans certains états de la mer. On ne peut

guère alors arriver à quelque exactitude qu'à force d'attention ou par des moyennes. Nous avons cru un moment que cette dernière ressource ne manquerait pas à ceux qui discuteront les registres de *la Vénus*. Ils y trouveront, en effet, trois suites de hauteurs barométriques simultanées, obtenues avec trois instruments différents : un baromètre à colonne très étranglée, dit *baromètre marin*, construit par Lerebours, et qui a bien fonctionné pendant toute la durée de la campagne; un autre baromètre ordinaire et un sympiésomètre. Malheureusement ces deux derniers instruments s'étant trouvés dépourvus de suspensions à la Cardan, furent invariablement arrêtés à des supports situés dans la batterie. Ils devaient donc suivre les oscillations du navire; s'incliner plus ou moins suivant ses allures, s'incliner de quantités inconnues, en sorte que leurs indications exigeraient des corrections sans cesse différentes, et qui, aujourd'hui d'ailleurs, ne pourraient être calculées.

» L'examen attentif que nous avons fait des observations du *baromètre marin suspendu*, nous autorise à penser qu'elles serviront très utilement à lever les doutes qu'on a encore sur la valeur de la période diurne barométrique *en pleine mer;* sur la manière dont cette oscillation varie avec la latitude, quand l'atmosphère ne subit pas toutes les vingt-quatre heures, d'aussi grands changements de température que les atmosphères continentales.

» La frégate, comme on l'a vu quand nous tracions son itinéraire, a successivement sillonné les régions de l'Océan les plus éloignées. Les observations barométriques y ont toujours été faites avec les mêmes instruments. Il est donc à peu près certain qu'elles fourniront de nouvelles données touchant les zones, en certains points assez circonscrites, où le mercure se soutient constamment au-dessus, ou constamment au-dessous de la hauteur moyenne générale. Ces différences, aujourd'hui bien constatées, mais dont jadis les physiciens n'auraient pas même voulu admettre la possibilité, doivent être étudiées avec d'autant plus d'intérêt, qu'elles ont sans doute une certaine part à la production des inextricables courants de l'atmosphère et de l'Océan. Si l'on se rappelle l'influence que M. Daussy a si bien établie de l'état du baromètre sur la hauteur des marées, la manière dont nous venons d'envisager les observations barométriques de *la Vénus*, fixera certainement l'attention de ceux qui seront appelés à les discuter.

» Sur la proposition de Laplace, l'Académie chargea, il y a quelques années, une commission nombreuse de déterminer avec toute la précision possible, diverses quantités, peut-être graduellement variables,

qui jouent un rôle capital dans la physique du globe. Il s'agissait, par exemple, de refaire l'analyse de l'air atmosphérique, sous un grand nombre de latitudes, en mer, au milieu des continents et à toutes sortes d'élévations ; de tracer, pour l'époque actuelle, la forme exacte des lignes *isothermes ;* de soumettre à une discussion approfondie la loi du décroissement de la température atmosphérique suivant la hauteur, et, au besoin, d'entreprendre de nouveaux voyages aérostatiques; d'apprécier, par des expériences susceptibles d'être en tout temps identiquement reproduites, la puissance éclairante et la puissance calorifique du soleil ; de mesurer dans un certain nombre de stations convenablement choisies, les éléments du magnétisme terrestre, y compris l'intensité absolue de la force mystérieuse qui en chaque lieu maîtrise l'aiguille d'inclinaison, etc., etc. La commission, comme chacun doit le présumer en voyant l'immensité du programme, n'a pas encore fait son rapport; elle ne s'est même réunie qu'une fois et dans la vue de répartir les questions à résoudre entre ses divers membres. Celui qui a été chargé de déterminer, jusqu'à une petite fraction de millimètre, la hauteur moyenne du baromètre au niveau de l'Océan et sous diverses latitudes, s'empresse de reconnaître que les observations faites à terre pendant le voyage de *la Vénus*, complètent entièrement les nombreux documents qu'il avait déjà réunis. Dès ce moment on pourra fixer avec précision, pour la première moitié du XIX^e siècle, les valeurs absolues de la pression atmosphérique, dans nos climats et dans les régions équinoxiales; tenir compte de l'influence considérable qu'exercent sur cet élément les vents de diverses régions; donner, enfin, à nos successeurs les moyens de reconnaître si les absorptions et les dégagements de gaz que la chimie a étudiés, se balancent exactement, ou si, au contraire, l'atmosphère terrestre finira dans la suite des siècles par s'épuiser. Des tableaux où sont consignés les résultats d'une foule de déterminations, toutes obtenues avec des baromètres comparés au départ et au retour, seront prochainement mis sous les yeux de l'Académie. On pourra alors apprécier la large place qui revient aux observations empruntées aux journaux météorologiques de *la Vénus*.

Observations du thermomètre.

» Pendant toute la durée du voyage de *la Vénus*, c'est-à-dire depuis le 1er janvier 1837 jusqu'au 20 avril 1839, on a tenu à bord de cette frégate, d'heure en heure, de jour comme de nuit, une note exacte de la température de l'atmosphère et de la température de la mer. Les originaux de ces

observations sont contenus dans vingt-cinq cahiers, où les collaborateurs de M. Du-Petit-Thouars ont trouvé les bases des tableaux qui seront pour la physique du globe une très précieuse, une très importante acquisition. Nous devons remarquer, cependant, que ces journaux météorologiques, suffisamment détaillés, peut-être, s'ils devaient toujours rester dans les mains de ceux qui ont exécuté ou dirigé le travail, laisseraient quelque chose à desirer quand une personne étrangère au voyage recevrait la mission de les discuter. Nos navigateurs, en général, se sont trop fiés à leur mémoire. Il manque dans les nombreux registres mis sous les yeux de la Commission, une foule de détails sur la place des instruments, sur la manière de les observer, sur les erreurs de graduation déterminées d'après des étalons authentiques, etc., etc. Nous savons bien, car nous nous en sommes assurés, que ces lacunes seront comblées, pour la plupart, en recourant aux souvenirs des officiers de la frégate, en feuilletant les journaux personnels, en consultant jusqu'aux *agenda;* mais nous savons aussi que rien ne peut suppléer complétement aux notes prises et transcrites sur place. Puissent ces remarques convaincre l'administration de la Marine, de la nécessité de pourvoir les bâtiments de l'État, de types imprimés, uniformes, où les officiers trouveront, toutes tracées d'avance, les cases où il faudra inscrire les résultats numériques de chaque observation et les quelques mots destinés à en faire apprécier l'exactitude.

» Depuis la publication des Instructions que l'Académie remit à *la Bonite,* les physiciens se sont généralement accordés sur l'importance des observations météorologiques faites dans le voisinage de l'équateur, loin des continents et loin des grandes îles. Ils ont surtout considéré qu'entre les tropiques et en pleine mer, la température de l'eau de l'Océan varie peu; que la moyenne température déduite de trois ou quatre passages de la ligne; que la moyenne déduite de dix, douze ou vingt observations analogues, faites, sans choix, entre 10° de latitude nord et 10° de latitude sud, est partout la même à une fraction de degré près; qu'on peut ainsi attaquer avec succès une question capitale restée jusqu'ici indécise: la question de la constance des températures terrestres, sans avoir à s'inquiéter des influences locales, naturellement fort circonscrites, provenant du déboisement des plaines et des montagnes, des changements de culture, du desséchement des lacs et des marais, etc., etc.; que chaque siècle, en léguant aux siècles futurs quelques chiffres bien faciles à obtenir, leur donnera le moyen, peut-être le plus simple, le plus exact, le plus direct de décider si le soleil, aujourd'hui source première, aujour-

d'hui source à peu près exclusive de la chaleur de notre globe, change de constitution physique et d'éclat comme la plupart des étoiles, ou si, au contraire, cet astre est arrivé sous ce double rapport, à un état permanent. Les observations de *la Vénus*, loin de contrarier les vues que nous venons de rappeler, ne feront que les fortifier. D'un premier coup d'œil jeté sur les tableaux, nous avons déduit, par exemple, pour la température moyenne de la région de l'Atlantique voisine de l'équateur, à midi, dans le mois de janvier 1837.................. 26°,6 centigr.,
et pour le mois de mai 1839......................... 26 ,8

» L'océan Pacifique nous a donné, pour la région équatoriale correspondante à 130° de longitude occidentale, dans le mois de juin 1837.......................... 26°,9;
et dans un méridien plus rapproché de celui de l'archipel des Gallapagos, dans le mois de février 1839.......... 26°,9.

Températures sous-marines.

» Il y a déjà bien long-temps qu'on s'est avisé de rechercher quelle température marquent les eaux de la mer à de grandes profondeurs. La Méditerranée, l'Atlantique, la mer Pacifique, les régions équatoriales, les régions polaires ont été et sont encore, tour à tour, le théâtre de sondes thermométriques exécutées avec les plus grandes précautions, et dont la science a toujours soin d'enregistrer les résultats. Le contingent qu'apporte aujourd'hui *la Vénus* occupera, parmi toutes ces richesses, une place distinguée, à cause du nombre, de l'exactitude des observations et de l'immense échelle de profondeurs qu'elles comprennent.

» En tenant note seulement des expériences qui ont réussi, qui ont conduit à un chiffre entouré de toutes les garanties desirables, nous en avons compté dans les journaux de *la Vénus* jusqu'à *quarante-cinq*.

» Ces expériences embrassent l'espace qui s'étend du 52^{me} degré de latitude nord au 60^{me} degré de latitude sud; de 22 à 180° de longitude occidentale, de 5 à 176° de longitude orientale. L'échelle des profondeurs verticales varie entre 30 et 1150 brasses. Quand la sonde descendit à plus de 2000 brasses, quand l'étui en cuivre qui renfermait le thermométrographe eut à subir des pressions de 3 à 400 atmosphères, étui et instruments revinrent à la surface entièrement brisés.

» Ce n'est pas ici le lieu de discuter en détail ces précieuses observations de températures sous-marines. Nous nous contenterons d'en extraire

quelques chiffres qui semblent de nature à faire apprécier ou, tout au moins, à faire pressentir la place qu'elles occuperont dans la science.

» Les sondes faites à bord de *la Vénus* ont souvent donné pour la température de la mer à de grandes profondeurs, dans les régions tempérées et intertropicales, des nombres aussi petits que $+3^\circ{,}6$ centigrades, $+3^\circ{,}2$; $+3^\circ{,}0$; $+2^\circ{,}8$ et $+2^\circ{,}5$, quand la surface marquait de 26 à 27°.

» S'il s'est glissé des erreurs dans ces déterminations, elles ont dû être toutes positives, comme il est facile de s'en convaincre. Les chiffres vrais ne peuvent, en aucun cas, surpasser ceux que nous venons de citer. Il faut donc espérer que le fameux nombre $+4^\circ{,}4$, si étourdiment emprunté aux observations comparatives faites à la surface et au fond des lacs d'*eau douce* de Suisse, cessera de paraître dans des dissertations *ex professo*, comme la limite au-dessous de laquelle la température du fond des mers ne saurait jamais descendre.

» Ceux-là se tromperaient beaucoup qui imagineraient que plusieurs degrés de plus ou de moins dans la détermination des températures sous-marines, n'ont aucune importance. Ces quelques degrés peuvent porter le dernier coup à la théorie suivant laquelle les eaux froides du fond des mers, même sous l'équateur, ne seraient autre chose que les eaux correspondantes de la surface, refroidies d'abord par voie de rayonnement ou d'évaporation, et précipitées ensuite à raison de leur excès de pesanteur spécifique. On voit, par exemple, qu'on ne pourrait soutenir aujourd'hui la théorie dont nous venons de parler, sans douer en même temps le rayonnement ou l'évaporation, dans les régions intertropicales, de la faculté d'abaisser la température de la mer, au moins de $26^\circ{,}8 - 2^\circ{,}5$ ou de $24^\circ{,}3$, ce qui paraîtra à tous les physiciens un résultat inadmissible.

» Nous voilà ramenés, par la puissance des chiffres, à la conclusion que les phénomènes thermométriques de la Méditerranée nous avaient imposée dans une autre circonstance; nous voilà encore forcés d'admettre l'existence de courants sous-marins qui transportent jusqu'à l'équateur les eaux inférieures des mers glaciales.

» Mais dans les mers glaciales, il ne manque pas de régions, du moins à en juger par des expériences faites entre le Groënland, le Spitzberg et l'Islande, où la température du fond surpasse les $2^\circ{,}5$ que les observateurs de *la Vénus* ont trouvés au fond des mers tempérées. Qui ne voit déjà que de semblables comparaisons, quand elles seront suffisamment multipliées, donneront des indications utiles sur une chose qui semblait devoir nous

rester à jamais inconnue : la direction de courants dont tout le mouvement s'opère dans les plus grandes profondeurs de l'Océan (1).

Températures sur les hauts-fonds et dans les attérages.

» Franklin et Jonathan Williams observèrent les premiers l'influence refroidissante que les hauts-fonds exercent ordinairement sur la tempéra-

(1) Voici les principales températures sous-marines déterminées pendant le voyage de *la Vénus* :

DATES.	LATITUDE	LONGITUDE.	PARAGES.	PROFOND. en brasses.	TEMPÉRAT. à cette profondeur.	TEMPÉRAT. à la surface.
1837.						
26 février.	38° 12' S	56° 0' O.	Océan Atlantique par le travers de la Plata.....	370	3°0	16°8
5 mars.	45.38 S.	63.30 O.	Océan Atlantique au nord des îles Malouines.....	70	5,2	14,0
				40	5,8	14,0
				30	9,0	14,2
				70	5,2	14,8
16 avril.	43.47 S.	81.26 O.	Océan Pacifique par le travers de Chiloé.........	500	4,1	13,2
				1100	2,3	13,0
24 avril.	33.26 S.	74.23 O.	Océan Pacifique près de Valparaiso.............	160	9,5	12,6
22 mai.	13.50 S.	79. 1 O.	Océan Pacifique près de Pisco................	130	13,0	18,3
23 mai.	12.39 S.	79.27 O.	*Id.* *Id.*......................	128	13,2	19,9
9 juillet.	21. 6 N.	158.19 O.	Océan Pacifique près des îles Sandwich..........	100	13,0	25,0
19 août.	41.42 N.	160.22 E.	Océan Pacifique............................	170	5,1	12,0
18 septembr.	51.34 N.	159.21 E.	Océan Pacifique au sud des îles Aleutiennes......	1080	2,5	11,7
1838.						
30 septembr.	26.53 S.	176.51 O.	Océan Pacifique au nord des îles Kermadec.......	1000	5,6	19,3
7 octobre	32.51 S.	174.22 E.	Océan Pacifique au nord de la Nouvelle-Zélande..	880	5,4	16,3
14 novembre.	34.37 S.	168.41 E.	*Id.* *Id.*....................	550	6,0	17,0
19 novembre.	34.34 S.	158.42 E.	Entre le port Jackson et la Nouvelle-Zélande.....	630	4,9	18,3
1839.						
17 janvier.	43. 2 S.	129.34 E.	Au sud de la Nouvelle-Hollande................	1100	5,1	13,0
23 janvier.	39. 4 S.	121. 2 E.	*Id.*...................................	350	8,6	16,0
27 janvier.	36.36 S.	116. 8 E.	*Id.* près du port du Roi-George...............	990	2,8	17,9
1er février.	37.42 S.	112.38 E.	*Id.* au sud du cap Loewin.....................	990	3,0	16,7
11 février.	27.47 S.	98. 0 E.	Mer des Indes, à l'est de la baie des Chiens-Marins.	990	2,8	23,8
23 mars.	31.33 S.	31.10 E.	Canal de Mozambique..........................	900	4,2	24,0
26 avril.	29.33 S.	8.34 E.	Océan Atlantique, près du cap de Bonne-Espérance.	1150	3,1	19,0
29 avril.	26.36 S.	5.12 E.	*Id.* *Id.*....................	1000	3,6	20,0
1er mai.	25.10 S.	5.39 E.	*Id.* *Id.*....................	1000	3,0	19,6
8 mai.	15.54 S.	8. 3 O.	*Id.* près de Sainte-Hélène..................	200	12,0	23,6
24 mai.	4.23 N	28.26 O.	*Id.* près du Pénédo de San-Pédro.............	1130	3,2	27,0

ture de la mer. La remarque ayant été depuis confirmée par MM. de Humboldt et John Davy, les physiciens ont cru pouvoir la généraliser. Maintenant ils tiennent pour complétement avéré que, *sans aucune exception*, l'eau est sensiblement plus froide *sur* un haut-fond qu'en pleine mer. Ils croient même que l'action des hauts-fonds se fait sentir à distance; que la marche descendante d'un thermomètre placé à la surface de l'eau, indique avec certitude le voisinage d'un de ces dangers. Le phénomène intéresse donc à un égal degré la physique et la navigation : celle-ci, à raison des indications précieuses qu'il fournirait dans des temps de brumes; la physique en portant l'attention des observateurs sur les diverses manières dont la température des couches superficielles de l'Océan peut être troublée.

» Que nous apporte *la Vénus* touchant cette question délicate?

» De l'ensemble de ses observations résulte, sous certaines restrictions, une confirmation évidente du principe actuellement admis. Quand la frégate approchait de terre, toutes circonstances restant égales, l'eau de la mer diminuait de température. Quand la frégate partant d'un port, d'une baie, fesait voile au contraire vers la haute mer, le thermomètre présentait aussi une marche inverse : il montait.

» Nous donnerons à ce Rapport une valeur durable, en transcrivant ici les différences de température qui ont été observées au nord et au midi de l'équateur, soit à l'entrée de *la Vénus* dans les ports, soit à sa sortie, et cela depuis qu'elle fit voile de Brest, le 29 décembre 1836, jusqu'au 24 juin 1839, époque de son retour. Ces nombres montreront dans quelles limites il est permis d'admettre l'expression, un tant soit peu ambitieuse, de *navigation thermométrique*, proposée par *Jonathan Williams*.

» A *Brest*, l'eau de la mer marquait le même degré en rade qu'au large, et 1° de plus qu'à l'attérage;

» A *Valparaiso*, la température du mouillage était de 4 à 5° au-dessous de la température du large;

» Au *Callao*, la différence, dans le même sens, ne s'élevait qu'à 1°,5;

» A *Payta*, nos voyageurs trouvèrent jusqu'à 2°;

» Aux *îles Gallapagos*, 1° seulement;

» A *Monterey*, 1°,5;

» A la baie de la Magdeleine, 1°,0;

» Au *Port Jackson*, 1°,5;

» A *False-Bay* (cap de Bonne-Espérance), les officiers de *la Vénus* observèrent, entre la baie et la haute mer, jusqu'à 4°,0 de différence. Ici le phénomene est complexe à cause du courant du banc des Agullas.

» Voici maintenant sur quels points le voisinage de la terre sembla complétement sans action sur la température des eaux :

» *Honoloulou* (Sandwich) — (très grand fond à peu de distance de terre);

» *Tahiti;* — (côte à pic);

» *Baie d'Avatcha* (Kamtschatka);

» Baie des Iles (Nouvelle-Zélande);

» Ile Bourbon;

» Ile Sainte-Hélène.

» C'est presque autant d'exceptions qu'il y a de confirmations de la règle.

» Laissons maintenant de côté les attérages et venons à un fait plus simple, à l'influence d'un banc, d'un haut-fond proprement dit.

» Cette influence n'a pas toute la généralité qu'on s'est plu à lui attribuer. Les journaux de *la Vénus* en fournissent la preuve la plus convaincante. Un évènement fortuit dont nous dirons un mot, s'y présente, en effet, avec tous les caractères d'exactitude d'une expérience préparée de longue main.

» Le 14 août 1838, la frégate approchait de l'archipel des Marquises. La vigie, à moitié aveuglée par la réverbération des rayons du soleil couchant sur la surface de la mer, aperçut beaucoup trop tard un large banc situé près de ces îles. *La Vénus* ne put pas changer de route assez vite ; elle franchit les açores du banc et ne se trouva bientôt que par 6 à 8 brasses de profondeur, tandis que peu d'heures auparavant, 200 brasses de ligne n'atteignaient pas le fond de la mer. Eh bien ! cet énorme changement de brassiage, n'amena aucune différence dans la température de l'eau. Les chiffres ici parlent d'eux-mêmes :

HEURES.	TEMPÉRATURE DE LA MER.	PROFONDEUR EN BRASSES.	HEURES.	TEMPÉRATURE DE LA MER.	PROFONDEUR EN BRASSES.
Midi.	26°6	Plus de 200	1	26°5	»
1	26,7	»	2	26,3	»
2	26,7	»	3	26,2	»
3	26,8	»	4	26,2	»
4	26,8	Plus de 200	5	26,3	»
5	26,7	»	6	26,3	»
6	26,5	6 et 8	7	26,5	»
7	26,5	»	8	26,5	»
8	26,5	Plus de 200	9	26,5	»
9	26,5	»	10	26,6	»
10	26,5	»	11	26,6	»
11	26,5	»	Midi.	26,7	Plus de 200
Minuit.	26,5	»			

» Ces quelques chiffres sont la condamnation définitive des théories d'où résulte la conséquence que l'eau *doit toujours* être plus froide sur un banc qu'en pleine mer. Ils ne laissent de place qu'aux explications plus modestes : à celles qui prétendent seulement établir qu'un refroidissement est la conséquence *ordinaire* du voisinage d'un banc, mais que certaines causes peuvent masquer ce premier effet.

Température des sources.

» On sait bien aujourd'hui qu'il ne faut pas prendre aveuglément la température d'une source pour la température moyenne de la localité où elle perce la surface de la terre, où elle vient au jour. Si la source a son origine à de grandes profondeurs, elle est inévitablement thermale. Plaçons, au contraire, cette origine vers la sommité de quelque montagne voisine, et nous verrons probablement sourdre l'eau à un degré du thermomètre peu élevé. Toutefois, on se tromperait beaucoup en concluant de là que les observations des températures des fontaines, des puits, n'ont plus aucune valeur en météorologie. Ces observations, convenablement rapprochées des circonstances géographiques et géologiques qui peuvent exercer de l'influence, convenablement discutées, enfin, doivent contribuer au progrès des sciences. Les observations de ce genre que les officiers de *la Vénus* ont faites, sont certainement une excellente acquisition.

» Parmi ces observations, nous remarquons :

A Rio-Janeiro (latitude 22° 54' S.),

celle d'un puits, dans l'île de Villegagnon, à 4 mètres de profondeur avec $\frac{1}{3}$ de mètre d'eau ; le 5 février 1837, vers 8 heures du matin, on trouva

23°,0 centigr. ;

» La température d'une source assez abondante et bien abritée, près du village de Saint-Domingue, le 14 février, vers 8 heures du matin, était

23°,2 ;

» La température de l'eau de l'aqueduc de Sainte-Thérèse, un peu au-dessous du couvent de ce nom, le 15 février, était

23°,5.

» Tous ces nombres seraient bien faibles, si l'on jugeait de la température de Rio-Janeiro, par celle de la Havane, que Ferrer a fixée à + 25°,6.

Callao de Lima (latitude 12°3′ S.).

» La différence, toujours dans le même sens, entre la température moyenne de l'air et la température des sources, serait bien plus tranchée encore au Callao de Lima, si le climat dépendait exclusivement de la latitude.

» Le 16 mai 1838, nos voyageurs trouvèrent que deux sources assez abondantes, sortant de terre à mi-falaise entre le Callao et Moro-Solar, marquaient l'une et l'autre

+ 21°,8,

là où l'on aurait dû s'attendre à trouver environ 26°.

Papeiti. (Tahiti. Latit. 17°32′ S.).

» Source très forte, sortant de la colline au sud de la ville, le 11 septembre 1838, à midi.................................. + 24°,8,
à 6h du soir.............................. + 24°,8.

Payta (latit. 5°7′ S.).

» La température de la terre, dans une case, à ⅔ de mètre de profondeur, par une moyenne de dix observations faites de 3h en 3h, était, les 15 et 16 juin 1838, de................................ + 25°,2.

» Si l'on rapproche ces diverses observations de celles que le capitaine Tuckey fit en 1816, et qui lui donnèrent pour la température d'une source située sur le bord du Zaïre, à 5° de latitude sud, + 22°,8 seulement; si l'on se rappelle, en outre, que + 27°,5 sont généralement considérés comme la température moyenne des régions équatoriales, on restera de plus en plus convaincu que dans ces régions, il y a une cause particulière qui maintient les sources un peu au-dessous de la température moyenne du lieu.

Iles Sandwich (latitude, 21°18′ N.).

» A la capitale de Wahou, à Honoloulou, la température de l'eau du puits de la Mission catholique était, le 13 juillet, vers 6h du soir.... + 24°,3.

A Valparaiso (latitude, 33°2′ S.).

» Source assez abondante, dans une *quebrada*, près du vieux port San-Antonio, le 28 mars 1838, vers 1h du soir........... + 16°,6

» Autre nappe provenant de diverses sources, le 5 mars 1837, à 3ʰ du soir. . . . . + 17°,1

» L'eau de l'aiguade, à l'Almandral, le 4 mai 1837, vers 1ʰ du soir. + 17 ,0

Monterey (latitude, 36°36′ N.).

» Faible source, près de la pointe Pinos, le 4 novembre 1837. + 16°,2

Idem au sud de la ville, le 6 novembre 1837. . . + 16 ,0

San-Francisco (latitude, 37°50′ N.).

» Source très faible, près du rivage, le 31 octobre 1837. . . + 17°,1

Idem plus élevée. . . . . + 16 ,3

Idem *Idem*. . . . . + 16 ,3

» Les observations de Monterey et de San-Francisco, comparées à celles de Valparaiso, ne paraissent certainement pas indiquer que par des latitudes modérées, sur la côte orientale de l'Amérique, la température des régions situées au nord de l'équateur surpasse celle des régions situées au midi. Ces mêmes observations, rapprochées de celles des États-Unis, sont une nouvelle preuve de l'extrême dissemblance qu'il y a, sous le rapport du climat, entre la côte orientale et la côte occidentale de l'Amérique du nord.

MÉTÉOROLOGIE OPTIQUE.

» La campagne de *la Vénus* n'a pas été favorisée par le hasard, sous le point de vue des phénomènes de lumière atmosphérique qui sont aujourd'hui rangés dans la météorologie. Pendant les trente mois qu'a duré le voyage, de nombreux observateurs, dont plusieurs étaient constamment en station sur le pont de la frégate, n'ont vu que :

» *Trois aurores polaires :* deux boréales et une australe;

» Aucun halo ne s'est offert à eux sous une forme elliptique;

» Aucun arc-en-ciel n'a paru s'écarter des règles communes;

» Aucune particularité saillante n'a distingué les apparitions de la lumière zodiacale de celles que d'autres voyageurs avaient anciennement décrites;

» Aucune averse extraordinaire d'étoiles filantes n'a eu lieu, même aux époques qui depuis quelques années ont été recommandées à l'attention du public, etc., etc.;

» On aurait tort néanmoins de conclure de là que désormais ces questions ne devront plus figurer dans les instructions remises aux navigateurs.

» Il est certain que des halos *semblent* quelquefois elliptiques. Si *des mesures* montrent que c'est une pure illusion, tout sera dit. Supposons, au contraire, que l'ellipticité soit réelle : alors il faudra étudier l'influence de la température des prismes flottants de glace sur lesquels le halo paraît se former ; il faudra rechercher si les parties supérieures et inférieures de la courbe étant engendrées par des prismes diversement élevés dans l'atmosphère, par des prismes qui dès lors doivent avoir à des températures dissemblables, la différence de réfraction de ces prismes peut expliquer l'inégalité observée des diamètres du halo. En cas d'insuffisance de cette cause, on étudiera les effets de la couche d'humidité, probablement prismatique, dont se couvrent sans doute en descendant à travers l'atmosphère, les glaçons, prismatiques eux-mêmes, dans lesquels, depuis Mariotte et depuis des observations de polarisation récentes, il semble en tout cas difficile de ne pas voir la cause générale du phénomène. Ajoutons que des mesures exactes de halos, fussent-ils circulaires ; que ces mesures faites spécialement entre les tropiques, seront toujours une donnée météorologique importante.

» La série d'arcs secondaires, principalement rouges et verts, dont le premier arc-en-ciel est bordé intérieurement, paraît avoir pour cause, d'après la théorie et d'après l'expérience, des gouttes d'eau sphériques de très petites dimensions. Si dans quelques régions du globe les arcs secondaires manquent toujours, il faudra en conclure que, toujours aussi, la pluie s'y détache des nuages à un état de grosseur inusité, assignable d'ailleurs par le calcul.

» Tel paraît être le cas dans les régions équatoriales ; car les registres manuscrits que M. d'Abbadie, en partant pour l'Abyssinie, a déposés dans les mains d'un de nous, renferment ce passage :

« *Olinde* (Brésil), le 8 mars. Peu de temps après le lever du soleil, j'ai » observé un *bel arc-en-ciel* par une pluie d'une extrême finesse. Je n'y » ai point aperçu d'arcs supplémentaires, pas plus que dans cinq autres » arcs-en-ciel que j'ai vus dans les régions équinoxiales. — 9 *mars*, 7 heures » et demie du matin. Bel arc-en-ciel. Absence complète d'arcs supplé- » mentaires. »

» Les observations faites pendant la campagne de *la Vénus*, confirment, plutôt qu'elles ne contredisent, les remarques de M. d'Abbadie. Toutefois, comme il s'agit ici d'un phénomène peu apparent et dont les couleurs, pour qui n'est pas bien averti, semblent se confondre avec celles du premier arc-en-ciel ordinaire, il est prudent d'en appeler à un plus ample informé. Il nous semble qu'on hâterait beaucoup la solution de ce curieux

problème de météorologie optique, en publiant une *figure coloriée* de l'arc-en-ciel principal et des couleurs périodiques qui le bordent intérieurement. Nous prendrons la liberté de rappeler cette remarque à l'Académie, si jamais elle se décide à réunir en un seul volume les instructions éparses qu'elle a données à diverses époques.

» La lumière zodiacale a été observée pendant la campagne de *la Vénus* :

Le 7 janvier 1837, de 7 à 8h du soir (latit. 31°43′ N., longit. 17°22′ O.).
Son sommet ne paraissait s'éloigner du soleil que de 70°.

Le 11 mai 1838, à 7h du soir (latit. 12°4′ S., longit. 79° 33′ O.). Elle était très belle, très apparente.
La distance de sa pointe au soleil était de 110°.

Le 14 et le 15 septembre 1838, le soir (latit. 17° 32′ S., longit. 151° 54′ O.).
La lumière se voyait bien.
Sa distance au soleil était de 63°.

Le 7 et le 8 octobre, 8h du soir (latit. 33° S., longit. 174° E.). Le ciel et l'horizon d'*une pureté extraordinaire*.
La distance de la pointe du phénomène au soleil n'est que de 57°.

» On voit que la moindre longueur a correspondu au *ciel d'une pureté extraordinaire*. N'est-ce pas une confirmation de cette assertion de Cassini, peu admise jusqu'ici à cause des éternels changements des atmosphères d'Europe, qu'en peu de jours la longueur du phénomène peut varier de 69 à 100°?

COURANTS.

» Un voyage pendant lequel on a pu si souvent comparer la position de la frégate, déduite d'observations astronomiques, à celle qui lui était assignée par l'*estime*, donnera, sur la direction et sur la vitesse des courants, une multitude de résultats précieux; mais ce n'est pas seulement de cette manière que *la Vénus* aura contribué à l'avancement d'une branche de l'art nautique dont l'imperfection saute aux yeux de tout le monde, même quand on la considère comme une simple collection de faits, et qui, d'autre part, n'offre presque rien de bien établi sous le point de vue théorique. Des observations de la température de la mer, faites d'heure en heure, de jour comme de nuit, pendant trente mois consécutifs, ne manqueront pas de nous éclairer sur le cours de plusieurs de ces mystérieuses rivières d'eau chaude et d'eau froide qui sillonnent la surface des mers.

» Par exemple, il a été souvent question dans cette enceinte, de l'immense courant d'eau froide qui venant de l'Océan antarctique, rencontre

la côte occidentale de l'Amérique vers le parallèle de Chiloé, remonte ensuite le long des côtes du Chili et du Pérou, avec l'empreinte tellement manifeste d'une basse température empruntée aux régions polaires, que dans le port de *Lima* (au *Callao*), les Espagnols, peu de temps après la conquête de l'Amérique, reconnurent déjà que pour rafraîchir leurs boissons, il fallait les plonger dans l'eau de la mer.

» Les limites de ce courant n'ont pas encore été tracées avec toute la précision desirable. Sur certaines cartes, nous les trouvons notablement au nord de l'équateur; sur d'autres, elles restent tout entières dans l'hémisphère austral; il en est, enfin, qui font de l'équateur lui-même la limite où les eaux froides s'arrêtent. Ces doutes nous semblent devoir être dissipés à l'aide des nombreuses observations de tout genre que *la Vénus* a recueillies: notamment en 1837, dans les traversées successives de Chiloé à Valparaiso, de Valparaiso à Lima, de Lima aux îles Sandwich; en 1838, dans les voyages d'Acapulco à Valparaiso; de Valparaiso au Callao, suivant une route différente de celle que la frégate parcourut l'année précédente; enfin, dans la traversée du Callao à Payta et, surtout, pendant l'exploration des Gallapagos. Déjà, en jetant un simple coup d'œil sur les registres de l'expédition, nous apercevons le 15 juillet 1838, une observation de la température de la mer, faite *sous l'équateur même* et par 94° de longitude occidentale, qui donne seulement 23°,0 centigrades, lorsque, sans la présence du fleuve d'eau froide, on aurait certainement trouvé 4° de plus. Le 16 et le 17 du même mois, cette température s'était encore abaissée : l'eau ne marquait que 22°,4 et 22°,8; mais le 17 *la Vénus* naviguait déjà par $1^{\circ}\frac{1}{2}$ de latitude sud.

» La traversée, de 1837, de Lima aux îles Sandwich s'opéra, à fort peu près, pendant les quinze premiers jours, dans la direction d'un parallèle de latitude. En suivant de l'œil les températures sur les tableaux numériques, on les voit croître avec une grande régularité. Ce voyage donnera donc la largeur exacte du courant, en tant du moins qu'on voudra le définir par l'anomalie de sa température.

» Un courant d'eau froide ne semble pas pouvoir être dans les mers tempérées, un courant superficiel. Si l'eau froide n'existait qu'à la surface, elle se serait bientôt précipitée vers le fond en vertu de son excès de pesanteur spécifique.

» Ce raisonnement est d'une évidence incontestable. Toutefois, oserons-nous l'avouer, nous avons interrogé l'expérience pour nous assurer que les choses se passent réellement ainsi dans l'immense courant froid qui

longe les côtes du Chili et du Pérou. L'expérience, au reste, ne nous a pas fait défaut.

» Le 16 avril 1837, vers le sud-ouest de Chiloé, le temps étant parfaitement calme et la frégate sans aucune voile, on fila dans la mer une ligne de sonde de 1100 brasses de long, portant à son extrémité le plomb *suivé* ordinaire et le cylindre en cuivre du thermométrographe.

» La ligne de sonde parut parfaitement verticale.

» Cependant, la frégate était alors entraînée du sud au nord, avec toute la vitesse du courant superficiel au milieu duquel elle flottait. Si la ligne de sonde, si le plomb, si l'étui en cuivre du thermométrographe n'avaient pas rencontré, eux aussi, dans leur trajet et à 1100 brasses de profondeur, des couches d'eau se mouvant du sud au nord, et se mouvant ni plus ni moins à l'égal de la surface de la mer, ils auraient dans un cas devancé *la Vénus;* dans l'autre, le plomb et l'étui seraient restés en arrière : les deux hypothèses eussent également rendu la corde inclinée.

» Le courant chilien ne doit donc plus être considéré comme une simple rivière superficielle d'eau froide. Il est produit par une section considérable des mers polaires, marchant majestueusement du sud au nord. La masse liquide qui s'avance ainsi à la rencontre de la ligne équinoxiale, n'a pas moins de 1780 mètres de profondeur.

» Ce beau résultat ne doit pas étonner. Plus on étudie de près les phénomènes naturels, plus ils acquièrent d'importance et de grandeur.

» En examinant avec attention, dans le tableau de la page 312, la sonde thermométrique faite le 23 mars 1839, à l'ouvert du canal de Mozambique, peut-être trouvera-t-on que la température observée à 900 brasses, entraîne la conséquence que le *courant chaud* de ces régions est aussi un courant de masse.

» Il nous a paru curieux d'examiner comment à diverses distances des régions antarctiques, se distribue la température dans l'immense masse liquide froide dont nous venons d'étudier la marche. Nous avons eu la satisfaction de trouver dans les registres de *la Vénus*, deux séries d'observations qui, fortuitement, se prêtaient assez bien à cette recherche.

» Pendant la première, faite en plein courant, au sud-ouest de Chiloé, le thermométrographe donna :

A la surface de la mer	+ 13°, 0;
A 500 brasses	+ 4°, 1;
A 1100 brasses (sans fond).........	+ 2°, 3.

» Plus tard, près de Pisco, *au sud* de Lima, dans une région où, sans le moindre doute, le même courant existe aussi,

La mer, à la surface était à....... + 19°, 1;
A 130 brasses on trouva........... + 13°, 1.

» Ainsi, dans le trajet entre Chiloé et Pisco, l'eau de la surface s'étant échauffée de 6°, 1, celle de 130 brasses, comme on peut le déduire d'une partie proportionnelle, n'avait gagné que 2°, 4.

» Au reste, plus cette augmentation dans la température de l'eau profonde serait petite, et plus on en donnerait aisément l'explication.

» On ne connaissait jusqu'ici dans la vaste étendue des mers, que trois *grands* courants à températures anomales, savoir :

» Le courant froid que nous venons d'étudier, mais dont une branche, après s'être repliée vers l'île de Chiloé, longe la côte de l'Amérique en marchant du nord au sud, et double le cap Horn avec une température qui là est *relativement*, chaude ;

» Le *Gulph-Stream*, si bien connu de tous les navigateurs ;

» Enfin, le courant chaud qui longe le banc des Agullas, près du cap de Bonne-Espérance.

» *La Vénus* n'aurait-elle pas découvert un quatrième de ces courants, à température chaude, dans le sud-sud-est de la terre de *Van-Diémen?* Il est certain, d'après les observations suivantes, qu'entre le 6 et le 9 janvier 1839; que particulièrement le 7 et le 8, la frégate traversa une rivière chaude. Cette rivière a-t-elle la permanence des trois courants que nous avons déjà cités? Ce sera aux navigateurs futurs à le décider.

HEURES.	JANVIER 1839.			
	Le 6. Midi. { Latitude 45°56′ S. Longit. 146.30 E.	Le 7. Midi. { Latitude 45°16′ S. Longit. 146. 0 E.	Le 8. Midi. { Latitude 45°30′ S. Longit. 144.19 E.	Le 9. Midi. { Latitude 46°3′ S. Longit. 143.16 E.
Midi.	10°8	10°2	12°0	11°3
1	11,0	11,5	12,4	10,9
2	11,0	12,0	12,7	11,5
3	11,0	12,6	13,0	10,0
4	10,7	13,5	13,3	9,8
5	10,6	14,0	13,2	9,8
6	10,5	14,0	13,0	9,5
7	10,5	14,0	13,0	9,6
8	10,5	14,0	13,0	9,6
9	10,2	14,0	13,0	9,6
10	10,2	13,8	12,8	9,5
11	10,0	13,8	12,8	9,5
Minuit.	9,8	13,7	12,5	9,5
1	9,6	13,7	12,0	9,8
2	9,5	13,8	11,8	9,8
3	9,3	13,7	11,5	9,8
4	9,3	13,5	11,3	10,0
5	9,5	13,2	11,5	10,2
6	9,8	13,0	11,7	10,2
7	10,0	12,8	11,9	10,2
8	10,8	12,8	12,2	10,5
9	10,0	12,5	12,0	10,2
10	10,0	12,2	11,7	9,9
11	10,0	12,0	11,5	9,9
Midi.	10,2	12,0	11,3	10,0

Observations détachées.

Hauteur des nuages.

» On sait très peu de choses sur la hauteur *ordinaire* des nuages qui se forment au sein des atmosphères continentales et loin des montagnes ; on ne sait vraiment rien sur la hauteur moyenne des nuages répandus dans les atmosphères océaniques. Les déterminations de ces dernières hauteurs, faites pendant la campagne de *la Vénus*, seront donc reçues avec satisfaction par tous les physiciens.

» Deux méthodes ont été employées. Dans la première, l'observateur placé à la plus grande hauteur possible sur le mât de la frégate, attendait qu'un petit nuage isolé ou un bord de nuage vînt à passer dans le vertical

du soleil. A cet instant il déterminait, à l'aide d'un instrument à réflexion, la dépression au-dessous de l'horizon rationnel, de l'ombre portée par le nuage sur la mer, la hauteur angulaire du nuage, la hauteur angulaire du soleil. Le reste était du ressort du calcul.

» En effet, dans le triangle rectangle formé, 1°, par la ligne verticale abaissée de l'œil de l'observateur jusqu'à la surface de l'Océan; 2°, par la ligne visuelle dirigée sur l'ombre du nuage; 3°, par la ligne horizontale comprise entre cette même ombre et le pied de la verticale; dans ce triangle, disons-nous, on connaît le côté vertical et deux angles; la plus simple des formules trigonométriques sert à en déduire l'hypoténuse, c'est-à-dire la distance rectiligne de l'ombre du nuage à l'observateur.

» Considérant alors un second triangle : celui dont les trois angles sont occupés par l'observateur, le nuage et son ombre, chacun verra immédiatement que l'on connaît un des côtés et deux angles. La distance rectiligne du nuage à son ombre s'en déduira trigonométriquement. La ligne droite sur laquelle cette distance se mesure, rencontre la surface horizontale des eaux sous une inclinaison presque mathématiquement égale à la hauteur angulaire qu'avait le soleil au moment de l'observation; elle est d'ailleurs l'hypoténuse d'un triangle rectangle dont l'angle droit se trouve au pied de la perpendiculaire, abaissée du nuage sur la mer. Dans ce triangle on connaît ainsi un côté et deux angles. Le côté vertical de l'angle droit peut donc être calculé; or ce côté est précisément la hauteur cherchée du nuage.

» La seconde méthode est plus connue. Elle exige l'observation du moment où le soleil se couche; l'observation du moment où l'astre cesse d'éclairer directement le nuage, ce qui est facile à cause du changement assez subit d'éclat qui se manifeste alors; il faut, enfin, pour ce dernier moment, l'observation de la hauteur angulaire et de l'azimut du nuage.

» Cette seconde méthode est moins souvent applicable que la première, surtout en dehors des tropiques où un horizon trouble et embrumé empêche presque toujours d'observer le véritable coucher du soleil. Elles doivent cependant l'une et l'autre fixer l'attention des voyageurs, et, pour exciter davantage à les employer, nous consignerons ici le résultat moyen qu'elles ont donné aux officiers de *la Vénus*, relativement aux nuages qui se forment dans la région des alizés et qui obéissent à l'impulsion de ces vents.

» Ce résultat, tant dans l'océan Atlantique qu'au milieu de la mer du Sud, se trouva toujours compris entre 900 et 1400 mètres. La limite ex-

trême de 1400 mètres fut trouvée, le 20 février 1838, par 13°0′ de latitude australe et 109°3′ de longitude occidentale.

Profondeur de l'Océan.

» La détermination des plus grandes profondeurs de l'Océan n'a pas moins d'intérêt et d'importance que celle de la plus grande hauteur des montagnes terrestres Les physiciens recueilleront donc précieusement les résultats de deux belles opérations exécutées pendant le voyage de *la Vénus*, l'une aux environs du *cap Horn*, l'autre près de la ligne dans l'*océan Pacifique*.

» Le 5 avril 1837, par 57°0′ de latitude australe et 85°7′ de longitude occidentale, à 185 lieues marines dans l'ouest 8° sud du *cap Horn*, à 150 lieues des terres les plus voisines, par un calme plat et un très beau temps, on commença, à 9h du matin, à filer des lignes portant à leur extrémité : 1° le plomb ordinaire des lignes de sonde; 2° un thermométrographe de M. Bunten, enfermé dans un étui cylindrique en laiton, de 33milli,4 de diamètre intérieur et de 15milli,6 d'épaisseur. A 9h53m on avait filé 24 lignes, faisant en tout 2500 brasses. Réduisant cette longueur à la verticale, à raison de 15° d'inclinaison moyenne déterminée sur la partie visible de la ligne, et dans la supposition d'une direction rectiligne, on trouve que le plomb était descendu à 2411 brasses, c'est-à-dire à un peu plus de 4000 mètres.

» Lorsque, après un halage exécuté par soixante matelots et qui dura plus de deux heures, le plomb fut revenu à la surface, on reconnut qu'il n'avait pas touché le fond.

» La mer, dans les parages en question, a donc une profondeur de *plus* de 4000 mètres.

» La seconde opération est du 27 juin 1837. Elle correspond à un point de l'océan Pacifique situé par 4°32′ de latitude boréale, et par 136°56′ de longitude occidentale. Il est à 230 lieues marines au sud des îles *Bunker*. En ce point, un sondage fait avec les mêmes précautions, dans des circonstances très favorables, c'est-à-dire par un calme plat, a donné plus de 3790 mètres pour la profondeur de l'Océan.

» Ces sondes nautiques, les plus remarquables peut-être qui eussent jamais été faites, autorisent à croire que si la mer venait à se dessécher, on verrait dans son lit de vastes régions, de grandes vallées, d'immenses gouffres, tout autant abaissés au-dessous de la surface générale des continents, que les principales sommités des Alpes se trouvent placées au-dessus.

Plus grande hauteur des vagues.

» Naguère, on ne savait rien de précis sur la plus grande hauteur des vagues que les tempêtes soulèvent dans l'Océan. Les Instructions de *la Bonite* tournèrent l'attention de ce côté, en même temps qu'elles signalèrent des moyens de mesure d'une exactitude très suffisante. Depuis ce moment il n'est plus question des vagues, vraiment prodigieuses, dont l'imagination ardente de certains navigateurs se plaisait à couvrir les mers; la vérité a remplacé le roman : de prétendues hauteurs de 33 mètres ont été réduites aux proportions modestes de 6 à 8 mètres.

» La plus haute lame qui ait assailli *la Vénus* pendant sa longue campagne, avait $7^m,5$ d'élévation, entre le creux et le sommet. Encore a-t-on consenti à donner le nom de lame au rejaillissement résultant du choc de deux vagues distinctes venant l'une sur l'autre obliquement. Les lames proprement dites n'atteignaient pas la hauteur de 7 mètres, même dans les parages du cap Horn, où elles ont, suivant tous les navigateurs, des dimensions inusitées.

» C'est dans le sud de la Nouvelle-Hollande que *la Vénus* rencontra les lames, non les plus hautes, mais les plus longues. Ces plus longues lames avaient, d'après l'estime, *trois fois* les dimensions longitudinales de la frégate, ou environ 150 mètres.

» Nous eussions aimé pouvoir joindre à ces intéressants résultats quelques mesures de la vitesse de propagation des vagues. Mais à bord de *la Vénus* on ne s'était pas préparé à ce genre d'observations. L'Académie consentira certainement à les comprendre dans le programme des futures expéditions.

Pluie par un ciel serein.

» Les Instructions de *la Bonite* mentionnaient, d'après l'autorité de M. de Humboldt et d'après celle de M. le capitaine Beechey, un fait très remarquable : nous voulons dire des *pluies qui tombent par des temps parfaitement sereins*. Des observations de Genève sont venues montrer que de semblables pluies ont quelquefois lieu très loin des tropiques. Malgré ce nouveau témoignage, malgré la cause plausible qui a été donnée du phénomène, malgré l'explication simple à laquelle il conduit, de diverses apparences optiques, des physiciens éminents croient pouvoir le révoquer en doute. Leur scepticisme se trouvera peut-être fortifié par une circonstance que nous ne dissimulerons pas : c'est que pendant un assez

long séjour aux Gallapagos, dans la région même où M. le capitaine Beechey remarqua, la première fois, la pluie anomale, les officiers de *la Vénus* n'ont jamais rien vu de pareil, quoique les avertissements de l'Académie eussent fortement excité leur attention. Il ne sera donc pas inutile de joindre aux témoignages déjà cités, celui qu'un de nous a recueilli dans l'ouvrage d'un ancien académicien : dans le *Voyage de Le Gentil.* A la page 635 du tome II de cet ouvrage, on lit :

« Dans la saison des vents du sud-est, on voit souvent (à l'île de » France), surtout le soir, tomber une pluie fine, *quoiqu'il fasse, en » apparence, le plus beau temps du monde, et que les étoiles paraissent » brillantes.* »

» Il est bien entendu que nous ne prétendons pas, quant à la cause, assimiler entièrement la *pluie fine* de l'île de France, aux pluies à *très larges gouttes* citées par MM. de Humboldt et Beechey. Tout ce dont il s'agissait ici, c'était de prouver qu'il pleut quelquefois par un ciel serein, afin que l'insuccès des officiers de *la Vénus* ne détournât pas d'autres voyageurs de s'assurer du fait. Quand les phénomènes sont peu apparents, il faut être prévenu et les chercher, pour les voir et surtout pour les bien observer.

Phosphorescence de la mer.

» Nous extrayons le passage qu'on va lire sur la phosphorescence de la mer, du journal particulier de M. l'ingénieur-hydrographe de *la Vénus* :

« Dans False-Bay, au cap de Bonne-Espérance, nous avons eu un » exemple bien remarquable de phosphorescence de la mer. Le phéno» mène était dû à une quantité innombrable de corpuscules sphériques, » transparents, fermes, laissant voir à la loupe un point noir entouré » de stries également noires. Quand on les remuait avec la main, on » sentait un léger craquement comme lorsqu'on presse de la neige. Il y » en avait tant, que l'eau était devenue comme sirupeuse. Un seau d'eau » filtrée a laissé sur le linge, *la moitié* de son volume de ces petits corps ; » l'eau filtrée avait perdu la propriété de devenir phosphorescente par » l'agitation, tandis que la matière laissée sur le filtre la possédait au » plus haut degré.

» Cette matière, étant restée quatorze heures dans une cuvette, se dé» composa, répandit une odeur épouvantable de poisson pourri, et n'é» tait plus alors phosphorescente.

» L'éclat de la lumière était si grand, quand la mer se brisait à la

» plage, que j'essayai de lire à cette lueur, et j'y aurais probablement » réussi, si les éclats de lumière eussent été de plus longue durée, mal- » gré les cinquante pas qui me séparaient de la plage. »

Couleur de la mer.

» Les navigateurs ont depuis long-temps remarqué la couleur olivâtre de l'Océan *aux attérages du Callao,* sur la côte du Pérou. Il restera aux observateurs de *la Vénus* d'avoir constaté que dans ces parages l'eau n'est pas pure, qu'elle tient en suspension une matière impalpable verdâtre, semblable à celle qui tapisse le fond de la mer par 130 brasses de profondeur. Cette matière dans son état naturel est inodore; mais, quand on la brûle, elle répand l'odeur des matières animales en combustion. Elle laisse alors une cendre blanchâtre, qui a la plus grande analogie avec la terre végétale du plateau compris entre le Callao et Moro-Solar.

» Un fait plus remarquable est le changement de couleur de la mer observé pendant la campagne de la frégate, par 21° 50′ de latitude N. et 21° 54′ de longitude O., à l'endroit même que Fraisier avait déjà signalé. Les officiers de *la Vénus* crurent d'abord à l'existence d'un banc, mais la sonde accusa plus de 600 brasses.

MAGNÉTISME.

» Le magnétisme terrestre est devenu un monde. Il faudra des siècles d'observations pour éclaircir les centaines de phénomènes qu'il embrasse déjà; pour les mesurer avec toute la précision requise, pour découvrir les lois qui les régissent.

» S'agit-il de la déviation, par rapport au méridien, de l'aiguille magnétique horizontale, de la *déclinaison?* Elle est orientale à une époque, et occidentale à une époque différente. De là l'impérieuse nécessité de rechercher, en chaque lieu, l'amplitude de l'oscillation, le nombre d'années qu'elle emploie à s'accomplir, la rapidité ou la lenteur de la marche de l'aiguille vers les extrémités et vers le milieu de sa course.

» La déclinaison est sujette à une variation diurne? Il faut donc en déterminer la valeur pour chaque saison de l'année; assigner exactement les heures assez dissemblables entre lesquelles s'opèrent, dans divers mois, le mouvement oriental et le mouvement inverse; examiner comment ces éléments changent avec la latitude et la longitude; rechercher encore si, toutes circonstances égales, les côtes orientales des continents peuvent être rigoureusement assimilées aux côtes occidentales.

» Les aurores boréales troublent notablement la marche de l'aiguille de déclinaison. Des observations qui datent seulement d'un petit nombre d'années, ont prouvé que les perturbations dépendantes de cette cause, se font sentir presque simultanément dans des lieux fort éloignés les uns des autres; il reste à comparer les observations faites au nord et au midi de l'équateur; il reste à savoir si une aurore australe troublera les boussoles situées dans notre hémisphère, et réciproquement.

» *L'inclinaison*, *l'intensité* de la force magnétique, donnent lieu à des questions non moins nombreuses, non moins variées.

» En matière de magnétisme terrestre, *la Vénus* se serait bornée pendant sa longue campagne, à planter quelques jalons, à fixer quelques points de repère destinés à guider nos successeurs, qu'elle aurait déjà bien mérité de la science; mais ce n'est pas pour l'avenir seulement que les officiers de notre frégate ont travaillé : nous nous sommes assurés, en parcourant attentivement leurs journaux, qu'ils pourront dès aujourd'hui attaquer divers problèmes dont la solution obscure, incertaine, reposait sur des bases fragiles.

» Il y a un instant, nous nous demandions, par exemple, si l'oscillation diurne de l'aiguille horizontale; si le mouvement qui, le matin, transporte la pointe nord de la boussole de l'est à l'ouest, dans notre hémisphère, et de l'ouest à l'est dans l'hémisphère opposé, se fesait partout aux mêmes époques; si les heures qui correspondent aux limites extrêmes de ces oscillations; en d'autres termes, si les heures des maxima et des minima de la déclinaison sont identiques sur toute la terre. Eh bien! nous pouvons affirmer qu'il n'en est pas ainsi : l'aiguille horizontale atteint les limites de ses excursions diurnes à des heures différentes suivant les climats.

» Il résulte d'une très longue suite d'observations faites à Paris, que le matin, la pointe nord de l'aiguille arrive aux termes extrêmes de son mouvement oriental, de $7^h\frac{1}{2}$ à $9^h\frac{1}{2}$, suivant les saisons. Que pendant toute l'année son mouvement occidental est largement décidé à midi; qu'il atteint ses limites entre 1^h et 2^h, et qu'à partir de là, l'aiguille rétrograde vers l'est jusqu'au lendemain matin.

» Sur les journaux de *la Vénus*, nous voyons au Callao, par la moyenne de 8 jours d'observations du mois de mai, un premier temps d'arrêt de l'aiguille à $6^h\frac{3}{4}$ du matin; un autre à $10^h\frac{1}{2}$; un troisième à $3^h\frac{1}{2}$. A aucune époque de l'année, les mouvements de l'aiguille de Paris ne pourraient,

sous le rapport des heures, être assimilés au mouvement de l'aiguille du Callao.

» Si, entraînés par des vues théoriques d'ailleurs très plausibles, des physiciens imaginaient encore qu'une aiguille magnétique située sur la côte orientale d'un vaste continent, ne doit pas éprouver, quant aux heures et aux amplitudes, les mêmes variations diurnes qu'une aiguille placée sur la côte occidentale, nous les renverrions aux observations que *la Vénus* nous rapporte de *Petropauloskoi*, au *Kamtschatka*. Ils trouveraient là, dans le mois de septembre, une aiguille dont la pointe nord marchait, le matin, vers l'est, jusqu'à 7 à 8 heures; qui, ensuite, rétrogradait vers l'ouest et parvenait à la limite de cette seconde oscillation, de 2 heures à 3 heures; dont, enfin, le déplacement diurne moyen s'élevait à $9\frac{1}{2}$ minutes. Tout cela, on le sait, eût été à peu près observé, dans le mois de septembre, sur la côte occidentale de l'Europe, par la latitude du *Kamtschatka*.

» On comprend difficilement comment la chaleur solaire diurne peut modifier de la même manière, précisément au même degré, les propriétés magnétiques d'un hémisphère aqueux et celles d'un hémisphère solide, terrestre; mais sur la question si complexe du magnétisme du globe, nous n'en sommes pas encore à de petites objections de théorie : pendant de longues années il faudra, sans doute, se contenter de recueillir des faits.

» On a soupçonné que les tremblements de terre pouvaient agir sur la marche diurne de l'aiguille aimantée, soit en déviant irrégulièrement les parties superficielles du terrain qui supportent les pieds des instruments, soit en modifiant tout-à-coup les courants électriques intérieurs qui, dans une certaine théorie, seraient la cause première des divers déplacements diurnes étudiés par les physiciens.

» Les observations faites à *Acapulco* ne confirment pas ces conjectures. Pendant le séjour de *la Vénus* dans ce port, il y eut sur toute la côte orientale du Mexique, de fréquents tremblements de terre, et cependant la marche diurne de l'aiguille de déclinaison n'y éprouva pas de perturbations remarquables.

» Les phénomènes du magnétisme terrestre sont tellement minutieux, tellement complexes, que pour en saisir l'ensemble on s'est vu obligé de recourir aux représentations graphiques. Parmi les courbes magnétiques dont les mappemondes et d'autres genres de cartes sont aujourd'hui surchargées, aucune n'a excité plus d'intérêt, provoqué plus d'observations et de recherches, fait naître plus de questions, que la ligne, toujours assez voi-

sine de l'équateur terrestre, sur tous les points de laquelle l'aiguille d'inclinaison se maintient horizontale, et qu'on est convenu d'appeler l'*équateur magnétique*.

» Cette courbe a été successivement l'objet de très importantes recherches de Wilke, de M. Hansten et de M. Morlet. Les observations si exactes de M. le capitaine Duperrey, ses persévérantes investigations ont valu à la science, pour l'année 1825, une détermination de l'équateur magnétique à laquelle il semble difficile de rien ajouter. Grâce à ce travail, on a aujourd'hui l'entière certitude que l'équateur de 1825 ne coïncide pas avec l'équateur de 1780 : on sait que ce dernier a marché graduellement et très sensiblement de l'est à l'ouest. Reste maintenant à décider si le mouvement s'est opéré et s'opérera toujours d'une manière uniforme; si les irrégularités actuelles de figure se conserveront intactes, quand la suite des années transportera dans l'intérieur des terres la partie océanique de la courbe, et réciproquement.

» De telles questions sont réservées à l'avenir. Nous pouvons cependant affirmer que les observations de *la Vénus* serviront très utilement à les éclairer. Parmi ces observations nous voyons, en effet, pour cinq rencontres de l'équateur magnétique, des mesures de l'inclinaison faites à la mer, à l'aide d'une aiguille qui, bien qu'invariable, donnera de bons résultats, puisque ses indications, à l'époque des relâches, étaient soigneusement comparées à celles d'autres aiguilles dont les pôles se retournaient. Nous remarquons aussi que l'influence perturbatrice du bâtiment pourra être calculée. Ajoutons encore que dans vingt-deux déterminations de l'inclinaison à terre, il en est plusieurs de fort petites et d'où l'on pourra déduire la position de divers points de l'équateur magnétique, tout aussi exactement que si l'observateur avait eu les moyens de s'établir sur la courbe même.

» Il y a sur le globe de nombreuses séries de points dans lesquels la déclinaison de l'aiguille aimantée est nulle, dans lesquels l'inclinaison est nulle. En existe-t-il où l'aiguille horizontale reste complétement stationnaire, où elle ne subisse aucune variation diurne?

» Avant le voyage de *l'Uranie*, cette question n'avait pas même été posée. On croyait alors que *le sens* de la variation diurne dépendait *du sens* de la déclinaison; on croyait, par exemple, qu'à Paris, avant 1666, quand la pointe nord de l'aiguille déviait vers l'est, elle devait éprouver, du matin au soir, un mouvement dirigé de l'*ouest* à l'*est*, un mouvement opposé à celui que nous observons aujourd'hui.

» Un de nous réduisit au néant ces suppositions gratuites, dès qu'il put jeter un coup d'œil sur les observations magnétiques de M. Freycinet et de ses collaborateurs. Il lui parut, en même temps, que le globe tout entier pouvait, du point de vue des variations diurnes, être partagé en deux parties entièrement distinctes : l'une boréale, dans laquelle de 9 heures du matin à 2 heures après-midi, *la pointe nord* de l'aiguille marcherait de l'est à l'ouest; l'autre, australe, où de 9 heures à 2 heures, *cette même pointe nord* marcherait au contraire de l'*ouest* à l'*est*. La loi de continuité voulait impérieusement qu'en allant de la première région à la seconde, on rencontrât des lieux où l'aiguille serait immobile. Ces lieux (tous du moins) ne pouvaient pas être sur l'équateur terrestre, puisqu'à Rawack (terre des Papous), par $1' \frac{1}{2}$ seulement de latitude sud, on avait observé une variation diurne de 3 à 4 minutes. Restait à savoir si, à défaut de l'équateur terrestre, l'équateur magnétique ne serait pas la véritable ligne de séparation de cette région boréale du globe où, le matin, s'opèrent des mouvements occidentaux de l'aiguille aimantée, et de la région australe où le mouvement est inverse.

» Les observations faites entre les deux équateurs pendant les voyages de *la Coquille* et de *la Bonite*, laissèrent la question un peu indécise.

» Les observations de Payta, des îles Galapagos, fruit de l'expédition de *la Vénus*, ne sont pas non plus dans leurs conséquences, exemptes de quelque équivoque; mais elles commencent à faire poindre cette opinion, que la ligne sans variations diurnes horizontales n'est ni l'équateur terrestre, ni l'équateur magnétique. Ainsi, de même qu'on a déjà cherché, pour les tracer sur des cartes géographiques, la forme des lignes d'égale déclinaison, d'égale inclinaison, d'égale intensité, on aura peut-être bientôt à s'occuper expérimentalement, d'une courbe *totalement distincte* des précédentes; d'une courbe le long de laquelle l'aiguille, par exception, conservera de jour et de nuit absolument la même direction ; d'une courbe qui deviendra aussi l'objet de bien des recherches, de bien des voyages.

» Ces exigences, ces complications incessantes ne peuvent être une cause de découragement que pour les esprits superficiels. Les théories qui ne satisfont qu'à une, deux ou trois expériences reposent sur des fondements légers. Au contraire, quand on parvient à leur faire représenter de longues suites de phénomènes, elles acquièrent le seul caractère de certitude auquel, dans les sciences d'observation, il soit donné à l'homme d'atteindre. Pourquoi le système de l'attraction est-il aujourd'hui presque rangé parmi les vérités géométriques? C'est qu'il rend numériquement compte, non pas seulement de l'ensemble des mouvements célestes, mais encore

des milliers de perturbations, grandes et petites, positives et négatives que produisent les actions mutuelles des planètes.

Conclusions.

» Nous voici parvenus au terme de la tâche qui nous était imposée. Nous rappellerons donc à l'Académie (une si longue énumération de travaux a bien pu le lui faire oublier); nous rappellerons que le voyage de *la Vénus* fut entrepris dans des vues purement politiques et commerciales; qu'aucune observation de physique terrestre ou d'histoire naturelle n'était ni indiquée, ni prescrite au commandant, dans les instructions officielles émanées de l'autorité; que tout ce dont cette campagne aura enrichi la science, sera dû au zèle éclairé de M. le capitaine Du-Petit-Thouars, admirablement secondé par l'état-major de la frégate. L'Académie, nous ne saurions en douter, aura vu avec satisfaction que ce bel exemple ait été donné par l'officier distingué de l'armée navale qui porte le nom d'un de nos anciens, d'un de nos ingénieux confrères de la section de botanique. Ce nom ne doit pas nous être moins cher à d'autres titres, car il s'appelait aussi *Du-Petit-Thouars*, le capitaine du vaisseau *le Tonnant*, l'intrépide marin qui, après avoir soutenu avec habileté, avec énergie, et malheureusement sans succès, la nécessité de combattre *Nelson* à la voile, s'embossa devant *Aboukir*, en serre-file de l'amiral; fit clouer son pavillon au mât, afin que personne autour de lui n'eût jamais la pensée de l'amener; repoussa à portée de pistolet, l'attaque simultanée de trois vaisseaux anglais, quoiqu'il n'eût sous ses ordres que 600 hommes, quoique l'incendie et l'explosion du vaisseau *l'Orient* eussent rendu sa position extrêmement périlleuse; perdit dans cette héroïque défense une jambe, les deux bras, et ne voulant pas même abandonner à l'ennemi un corps en lambeaux, fit jurer à son équipage qu'au moment suprême il serait jeté à la mer!

» Nous manquerions à notre devoir si nous ne citions pas, d'une manière toute particulière, les collaborateurs du commandant de *la Vénus* qui ont le plus habilement, le plus activement contribué aux travaux dont nous avons présenté l'énumération et essayé de faire sentir l'importance.

» Au premier rang, nous trouverons M. *Dortet de Tessan*, ingénieur hydrographe. M. de Tessan a été l'âme des nombreuses recherches de météorologie, de magnétisme et de physique terrestre, dont *la Vénus* nous apporte les résultats. Il a pris une part personnelle à presque toutes les observations, à presque toutes les mesures. Quand les méthodes connues

étaient insuffisantes, quand elles ne conduisaient pas à des solutions directes, exactes, des problèmes qu'on se proposait *à priori* ou que des circonstances fortuites faisaient naître, M. de Tessan inventait des méthodes nouvelles.

» Une si grande activité aurait étonné votre Commission, si M. de Tessan ne lui eût déjà donné, comme collaborateur de M. Bérard, dans le beau travail exécuté le long de la côte septentrionale de l'Afrique, la mesure de ce qu'on peut attendre d'un savoir profond, d'un esprit inventif, d'une connaissance pratique des instruments de marine et de physique, quand ces qualités se trouvent étroitement unies au sentiment du devoir et à un zèle ardent pour le progrès des sciences.

» Tous ceux qui ont été embarqués sur les navires de l'État savent à quel point le commandant en second est absorbé par des devoirs, par des services de tout genre, assurément fort utiles, mais extrêmement multipliés, mais très fastidieux. Ce n'est pas sans raison que, dans leur langage naïf, les matelots appellent tour à tour cet officier *la ménagère* et *le grand prévôt*. Il faut donc nous hâter de dire que malgré les exigences sans nombre de sa position, le commandant en second de *la Vénus*, M. *Chiron*, a toujours trouvé le temps de présider aux observations météorologiques journalières du bord, d'en assurer la régularité et l'exactitude.

» M. *Lefebvre*, enseigne pendant le voyage, aujourd'hui lieutenant de vaisseau, a toujours concouru aux observations scientifiques, avec une habileté, avec un zèle dignes de tous nos éloges. M. Lefebvre paraît marcher à grands pas dans une carrière où plusieurs officiers de la marine française ont trouvé une légitime illustration.

» Le nom de M. *Goury*, jeune élève, se lit trop souvent en marge des journaux de la frégate, à côté des observations magnétiques, pour qu'il ne doive pas être signalé ici.

» La classe des sous-officiers, non moins zélée, non moins habile, non moins méritoire à tous égards dans la marine que dans l'armée de terre, a aussi très largement contribué aux travaux de *la Vénus*. Citons d'abord M. *A. Dubosc*, chef de timonnerie, qui a fait preuve à la fois, pendant toute la durée de la campagne, d'une ardeur infatigable et de connaissances peu communes. Le nom de ce sous-officier se retrouve à chaque page des registres qui renferment les observations du baromètre et du thermomètre, les observations de la déclinaison, de l'inclinaison et de la variation diurne de l'aiguille aimantée.

» MM. *Roline* et *Leroux*, quartier-maîtres de timonnerie, figurent aussi

dans toutes ces observations par une exactitude à la fois scrupuleuse, intelligente et éclairée.

» N'oublions pas enfin MM. *Kersérho*, *Bertrand* et *Brisseau*. Ces jeunes gens, destinés à la carrière de capitaine du commerce, ont pris une part très honorable à presque toutes les recherches dont nous avons présenté l'analyse.

» Lorsque M. le Ministre de la Marine nous transmit le recueil des cartes levées pendant le voyage de *la Vénus*, et l'immense collection de cahiers, de registres manuscrits où toutes les observations sont consignées, il témoigna le desir qu'une Commission en prît connaissance, et que le résultat de son examen lui fût communiqué.

» Nous proposerons donc à l'Académie d'envoyer à M. le Ministre la copie du Rapport qu'elle vient d'entendre.

» Nous croyons aussi qu'elle doit émettre le vœu qu'une *prompte publication* donne au monde savant les moyens de juger, d'apprécier, de discuter les observations de toute nature que les navigateurs de *la Vénus* ont faites avec une si grande habileté et au prix de tant de fatigues.

» Ce n'est pas sans dessein, Messieurs, que ces mots, *prompte publication*, viennent d'être jetés dans les conclusions de la Commission. En effet, pour peu qu'on tarde à se décider, nos compatriotes perdront probablement le fruit de leurs veilles laborieuses; les découvertes que nous avons citées ou seulement fait pressentir, verront le jour sous le patronage d'une des nombreuses expéditions anglaises, américaines, etc., qui aujourd'hui sillonnent les mers dans toutes les directions. Si, enfin, elle s'abandonne encore cette fois à une sorte d'apathie qui lui est fort ordinaire et dont les fâcheux résultats pourraient cependant être énumérés par centaines, la France, il faut le dire avec franchise, se laissera enlever plusieurs précieux fleurons de sa couronne scientifique.

» Avouons-le, néanmoins : en demandant si vivement qu'on se hâte, nous espérons encore détourner l'administration de la Marine, d'un mode de publication dont les inconvénients sont aujourd'hui manifestes; nous lui conseillons indirectement de renoncer à des éditions de luxe, là où le luxe serait seulement ruineux; de proscrire, à l'avenir, le morcèlement indéfini des matières, les interminables livraisons de quelques pages, puisque personne ne lit les ouvrages qui paraissent ainsi; de se prononcer, en temps et lieu, contre la répartition sur un grand nombre d'années des crédits budgétaires destinés à la publication de tel ou tel voyage formant seulement un ou deux volumes; car, de cette manière, l'État devient souvent éditeur de théories vieillies ou d'observations inutiles, sans compter qu'en

tenant d'habiles officiers éloignés de la mer, on change, on brise leur carrière et l'on prive le pays des éminents services qu'ils n'eussent pas manqué de lui rendre.

» Un coup d'œil rétrospectif sur plusieurs de nos voyages de découvertes a non-seulement confirmé la justesse de ces réflexions, mais, en outre, il nous a fait découvrir une lacune très fâcheuse, très nuisible aux sciences et qui probablement ne serait jamais comblée, si l'Académie, avec l'autorité dont elle jouit, ne la signalait pas à M. le Ministre de la Marine.

» Le voyage de M. de Freycinet avait été jusqu'ici publié en vertu d'un contrat passé jadis entre M. le Ministre *de l'Intérieur* et un libraire. Immédiatement après l'achèvement de la dernière livraison de la relation historique, c'est-à-dire de la seule partie dont le débit fût assuré; au moment où les résultats numériques du voyage de *l'Uranie* devaient passer dans les mains des imprimeurs, le contrat a été résilié avec l'assentiment de l'autorité compétente. Que vont maintenant devenir ces manuscrits si soigneusement rédigés, que leur publication ne donnerait pas lieu au remaniement d'une seule ligne? D'immenses recueils d'observations météorologiques faites avec des soins infinis, particulièrement dans les régions équinoxiales; mille et mille mesures de la déclinaison, de l'inclinaison de l'aiguille aimantée, des variations diurnes de l'aiguille horizontale et de l'intensité du magnétisme terrestre, travail dont l'exactitude le dispute à ce que la physique du globe possède de mieux sur ce sujet difficile; des recherches de vingt années, relatives aux langues des sauvages de la mer du Sud; le volumineux vocabulaire qui en est résulté; tout cela sera-t-il donc perdu? Personne assurément ne peut le vouloir. Aussi, la Commission a-t-elle la ferme confiance que, tout en sollicitant la prompte publication du voyage de *la Vénus*, l'Académie voudra bien appeler l'attention de M. le Ministre de la Marine sur la partie inédite de la campagne de *l'Uranie*. Ce sera faire à la fois la part du présent et celle du passé; ce sera, incontestablement, rendre un double service aux sciences. »

Les conclusions de cette première partie du Rapport sont adoptées par l'Académie.

Rapport sur la partie géologique et minéralogique de la campagne de la Vénus; *par* M. Élie de Beaumont.

« Une campagne pendant laquelle aucun des observateurs de *la Vénus* n'a pu pénétrer dans l'intérieur des terres, ne devait guère enrichir ni la minéralogie, ni la géologie. Aussi, loin de s'étonner du peu qui a été rap-

porté, il faut plutôt être surpris que dans de pareilles circonstances, on ait eu le bonheur de recueillir quelques matériaux utiles.

» Ces matériaux combleront diverses lacunes dans la section géographique des collections du Muséum d'Histoire naturelle. M. *Néboux*, chirurgien-major de la Marine, a beaucoup ajouté à la valeur des roches dont ses collections se composent, en donnant toujours sur leur gisement des détails clairs et précis.

» Grâce à M. le docteur Néboux, nous savons aujourd'hui que le fond du terrain dans la baie d'Avatcha, au Kamtschatka, se compose de schistes argileux verdâtres, en couches inclinées accompagnées de phtanite et de jaspe verdâtre; que çà et là quelques proéminences sont formées de roches d'origine éruptive; que près de la baie des Trois-Frères, il existe des dolérites formant des masses de structure colomnaire, ou des filons qui traversent des conglomérats, comme les roches du nord de l'Écosse et des îles Fœroë. A la pointe nord de la baie Isménaï, M. Néboux a observé et recueilli diverses variétés de trachyte parmi lesquels on remarque un trachyte résinoïde noir qui, au premier aspect, rappelle ceux des masses imposantes de l'Elbruz et de l'Ararat. La science sera donc redevable au chirurgien-major de *la Vénus*, de pouvoir aujourd'hui déterminer avec rigueur la nature de diverses roches ignées dont les éruptions ont précédé la naissance des grands volcans du Kamtschatka.

» La constitution géologique de la Californie était moins connue encore que celle du Kamtschatka. Les échantillons de roches rapportés par M. Néboux, de la large baie de Monterey, sont des granites semblables à beaucoup de granites d'Europe. C'est un nouveau terme à cette série de rapprochements qui montrent combien les principaux matériaux de l'écorce terrestre sont analogues entre eux dans les régions les plus éloignées.

» Le chirurgien-major de *la Vénus* a recueilli, dans cette même baie de Monterey, une roche stratifiée qui, de prime abord, ressemble au quartz résinite du terrain d'eau douce de l'Auvergne. Cette roche a seulement la singulière propriété de se laisser percer par d'innombrables coquilles perforantes. Elle mériterait bien, ce nous semble, de devenir l'objet d'une analyse chimique.

» A l'occasion de cette roche, ou d'une autre analogue quant à la présence des coquilles, nous lisons dans des Notes de M. *de Tessan*:

« Sur la grève de Monterey, nous avons ramassé des morceaux d'une » roche qui s'est présentée à nous dans tous les états de dureté possible,

» depuis l'état pâteux, jusqu'à celui de silex faisant feu au briquet. Il » paraîtrait que le passage d'un de ces états extrêmes à l'autre, s'opère en » assez peu de temps à l'air et au soleil. La roche en question solidifiée, » renferme dans des alvéoles, des coquilles qu'on trouve encore vivantes » au fond de l'eau; mais au fond de l'eau, la roche est encore à l'état de » vase compacte. »

» Sur un autre point de la Californie, dans la baie de la Magdeleine, M. le docteur Néboux a trouvé le rivage formé d'une belle roche amphibolique mélangée d'épidote. La roche amphibolique est recouverte d'un conglomérat contenant un grand nombre de coquilles univalves et bivalves, souvent très grosses. Ces coquilles par leur nature et leur conservation, semblent annoncer un dépôt tertiaire récent.

» Des collections de roches rapportées des environs de Payta contribueront à nous faire mieux connaître la constitution géologique de cette partie de l'Amérique.

» Sur la côte du Pérou, des collines formées de grès et de schiste sont recouvertes de sable provenant de ces mêmes roches, et présentent l'aspect de dunes arides. Des briques, des os éprouvent le même genre de désagrégation. M. de Tessan, à qui nous empruntons cette observation, ne pense pas qu'on doive l'ex pliquer comme on le fait ordinairement, d'après les seules actions atmosphériques. Suivant lui, dans ces contrées la nature met en jeu sur une vaste échelle le procédé imaginé par M. Brard pour découvrir les pierres gélives. Comme il n'y pleut presque jamais, les matières salines ne sont point enlevées. Les fortes rosées de la nuit les font pénétrer dans les pores des pierres. La chaleur du jour détermine ensuite leur cristallisation, et les effets doivent être ceux que le sulfate de soude produit dans la méthode de M. Brard. Cette vue nous paraît mériter d'être suivie.

» Nos voyageurs ont remarqué des débris de poteries et des ossements humains dans la grande falaise de cailloux roulés qui règne le long de la côte, entre le Callao de Lima et le Moro-Solar : on les y voit à diverses hauteurs, mais surtout vers le sommet de la falaise, qui n'a pas moins de 20 mètres d'élévation. »

Rapport sur les résultats concernant l'Histoire naturelle obtenus dans l'expédition de la Vénus; *par* M. de Blainville.

« L'Académie trouvera dans le Rapport que j'ai été chargé de lui faire sur les résultats en histoire naturelle obtenus dans l'expédition nautique de *la Vénus*, sous le commandement de M. *Du-Petit-Thouars*, une nouvelle preuve que des officiers instruits, qu'un commandant au moins très bienveillant pour des recherches qui ne sont pas essentiellement de son devoir, peuvent toujours fournir des matériaux intéressants aux sciences qui s'occupent de l'étude des phénomènes et des êtres naturels, lorsque dans le cours d'une mission de tout autre nature qu'une mission scientifique, ils sont conduits par la généreuse idée de faire tout ce qu'il sera possible de faire pour l'honneur de leur savante profession et pour la gloire de leur pays.

» La frégate *la Vénus*, commandée par M. le capitaine de vaisseau Du-Petit-Thouars, avait pour mission, comme se le rappellera peut-être l'Académie, de montrer le pavillon français dans toute la mer du Sud, dans les deux directions en longitude et en latitude, et de protéger les travaux pacifiques de civilisation de nos missionnaires, ainsi que nos grandes pêches de la baleine dans ces parages. Tel était son devoir, et tout le monde sait qu'elle l'a parfaitement rempli; mais ce qu'elle ne devait pas d'une manière aussi explicite et cependant ce qu'elle a fait, ç'a été de recueillir des matériaux pour les progrès des sciences naturelles et cela d'une manière fort libérale, comme nous allons le montrer.

» L'expédition a duré trois ans. Partie de Brest, elle a suivi la route ordinaire pour gagner la mer du Sud en doublant le cap Horn; elle a parcouru toute la côte occidentale de l'Amérique, depuis la Terre de Feu jusqu'au Kamtschatka, en s'arrêtant plus spécialement dans les parties les plus septentrionales, à la Californie, sur la côte N.-O. de la Nord-Amérique; puis, après être revenue par les îles Sandwich et s'être de nouveau rapprochée de l'équateur, elle a traversé toute la mer du Sud jusqu'à la Nouvelle-Hollande, d'où elle est retournée le plus directement possible en Europe, en touchant à Bourbon et dans nos possessions de la côte occidentale d'Afrique. D'où l'on voit combien variées pouvaient être les observations et les objets recueillis par le commandant lui-même, par son second, M. *Chiron*, par M. *Néboux*, chirurgien-major du bâtiment, et par M. *Filleux*, commis de la Marine.

» L'administration du Muséum d'Histoire naturelle, au Jardin du Roi, s'est empressée d'exprimer au Ministre combien la générosité de ces Messieurs avait contribué à enrichir les collections publiques. L'Académie va sans doute bientôt s'associer à ses remercîments, si elle veut bien entendre la courte exposition que je vais avoir l'honneur de lui faire.

» Les objets recueillis, soigneusement choisis et convenablement conservés, avec les notes et renseignements à l'appui, portent sur toutes les parties de l'Histoire naturelle qui ne demandaient pas des éléments de conservation dispendieux et embarrassants pour la place, en zoologie, en phytologie et en géologie.

» En zoologie, nous citerons surtout, et avec une bien vive satisfaction, dans la classe des mammifères un individu vivant et un magnifique squelette recueilli par M. Néboux, dans les forêts de la Californie, de cette grande espèce d'Ours que les voyageurs et naturalistes anglo-américains ont désignée sous le nom de *U. griseus*, de *ferox*, ou même d'*horribilis*, à cause de sa couleur la plus ordinaire, de sa férocité et de son aspect véritablement effrayant par sa grande taille. Cet animal et ce squelette, dont nous ne possédions qu'un très jeune rapporté par M. Botta, serviront à mieux apprécier ce point de paléontologie, savoir, si les Ours dont on trouve des ossements si nombreux dans presque toutes les cavernes de l'Europe, constituent ou non une espèce distincte de celle qui vit aujourd'hui si misérablement dans quelques parties resserrées de nos Alpes et de nos Pyrénées, et nous donneront une idée de ce qu'était l'ours fossile nommé *U. Spelœus* par Blumenbach, lorsqu'il vivait librement dans les vastes forêts de notre Europe septentrionale.

» Nous devons aussi à M. Néboux le squelette d'un de ces Phoques confondus sous le nom d'Ours marin, et encore fort rares dans nos collections.

» Le reste des mammifères produit de l'expédition est moins important, si ce n'est pour la zoologie géographique. Ainsi la science apprendra que les Moufettes, si communes dans la Sud-Amérique, même dans la Patagonie, se retrouvent encore dans la Californie.

» Mais c'est surtout dans la classe des oiseaux que les collections rapportées par MM. Du-Petit-Thouars, Néboux et Filleux, fourniront plus de matériaux à la science. En effet, le nombre total des objets considérés comme utiles au Muséum, ne s'élève pas à moins de 430 individus, appartenant à 348 espèces. Toutes ne le sont pas au même degré, comme on le pense bien; mais on a pu y distinguer:

» 1°. Des espèces nouvelles pouvant être considérées comme types de

genres nouveaux. Par exemple, une espèce de Mésange à plumes de la queue raides, comme dans les Pics, les Picucules, ce qui dénote chez elle une habitude de grimper. Une nouvelle espèce d'oiseau ténuirostre, du genre des Héorotaires des îles Sandwich, et dont M. de la Fresnaye a cru devoir former un genre distinct, sous le nom d'*Hétérorhynque*, à cause de la dissemblance des deux parties de son bec recourbé, qui rappelle ce qu'on connaissait dans un autre oiseau, le Bec en ciseaux, et même un poisson, l'Hémiramphe.

» 2°. Des espèces nouvelles de genres déjà établis, et entre autres un Oiseau-Mouche, d'une robe éclatante, provenant de San-Blas, trois espèces de Colombes dont deux à calottes, fort jolies et voisines de la Colombe Kurukuru; une nouvelle espèce de Philédon, décrite par M. de la Fresnaye, etc.

» 3°. Des espèces aussi belles que rares et dont nos collections ne possédaient qu'un individu incomplet ou mal conservé, comme deux très belles Pies bleues, dont un individu avait été rapporté par *la Bonite;* le Garule outre-mer, oiseau véritablement magnifique et d'un grand prix; le Glaucope cendré, la Colombe magnifique; les deux sexes du beau Colin de la Californie, rapporté pour la première fois par M. Botta, mais le mâle seulement; le Momot à oreilles bleues, le Séricule Prince-Régent, le Cacique commandeur, etc.

» 4°. Des espèces européennes, et alors intéressantes, non pas en elles-mêmes, mais comme éléments de la zoologie géographique, ou de la distribution des animaux à la surface de la terre: par exemple, le Bruant éperonnier, pris en mer, latitude 49° N., long. 171° E., et la Fauvette Calliope, rapportée du Kamtschatka.

» En un mot, et pour donner une idée de l'intérêt de cette partie des collections faites par MM. les officiers de *la Vénus*, nous rapporterons textuellement la phrase par laquelle M. Isidore Geoffroy-Saint-Hilaire, notre confrère, termine son rapport à l'administration du Muséum : « Nous avons » vu bien peu de collections ornithologiques où, proportionnellement » au nombre total, le nombre des objets intéressants fût aussi grand qu'il » l'est dans la collection de M. Néboux. »

» La classe des reptiles ne pouvait pas être aussi heureusement représentée dans les collections de *la Vénus*, parce qu'il faut, pour la conservation de ces animaux, une liqueur fort chère et des dispositions encore plus embarrassantes. Cependant, au nombre des objets rapportés, on a pu reconnaître, 1° une espèce de Geckos de la Nouvelle-Hollande, et qui

vient, intermédiaire aux espèces groupées sous les noms d'Hémidactyles et de Platydactyles, montrer comment toutes les espèces de Geckos se nuancent dans la disposition des plaques sous-digitales; 2° la grande et belle espèce d'Iguane, type du genre Amblyrhynchus de Wagler, et qui manquait à nos collections; 3° deux nouvelles espèces de Scinques de la Nouvelle-Zélande, et qui viennent encore combler une lacune de la série.

» Dans la classe des Amphibiens, nous n'avons trouvé à noter qu'une grenouille du Kamtschatka, qui n'est pas nouvelle, mais qui n'en offre pas moins un puissant intérêt, parce qu'elle appartient à la *R. temporaria*, ou à la grenouille des champs de notre Europe.

» Les animaux mollusques, et surtout leurs coquilles, étant, comme les oiseaux, les objets d'Histoire naturelle qui présentent le moins de difficultés pour la conservation, forment encore une des parties les plus intéressantes des collections de *la Vénus*, mais qui est entièrement due à M. Du-Petit-Thouars et à M. Chiron, son second. Les premiers, qui nécessitent des bocaux et de l'esprit-de-vin; sont peu nombreux et peu importants; mais il n'en est pas de même des coquilles, accompagnées, quand l'espèce en était pourvue, de leur opercule. D'après les catalogues faits au Muséum, le nombre total des individus ne monte pas à moins de quinze cents, appartenant à près de quatre cents espèces. Aucun ne paraît indiquer une coupe générique nouvelle, ce qui devient, en effet, assez rare aujourd'hui en conchyliologie un peu rationnelle. M. Deshayes en a cependant établi une avec une petite bivalve, voisine des Érycines, et qui a en effet quelque chose d'assez particulier dans la charnière; il lui a même donné le nom de M. Chiron, commandant en second de *la Vénus*, et qui s'est livré d'une manière très suivie à la recherche des coquilles. Mais plusieurs semblent constituer des espèces qui n'étaient pas connues, au moins dans nos collections; telles que plusieurs Pholades de la Californie, dont une est fort remarquable par sa grande taille et la soudure de ses pièces accessoires : les plus intéressantes sont certainement celles qui viennent de la Californie et du Kamtschatka. On y trouve en effet tous ces beaux Murex, connus sous les noms de *M. radix, regius, brassica*, et plusieurs autres espèces peut-être nouvelles; un assez grand nombre de Trochus, de Turitelles, d'Hélix de la Californie. Le genre Pourpre, si riche en espèces dans toute la côte occidentale de l'Amérique, où se trouvent presque exclusivement les Monoceros, pourra encore être augmenté de plusieurs espèces qui n'étaient pas signalées. Mais, en général, si ce n'est pour quelques Patelles et Vénus d'une grande taille et plus ou moins nouvelles, l'intérêt scientifique de cette

collection de coquilles portera essentiellement sur la distribution des animaux mollusques à la surface de la terre, et confirmera sans doute l'observation déjà faite pour les mammifères et les oiseaux, qu'un assez grand nombre d'espèces identiques se trouvent dans les mers et sur les continents qui approchent le cercle polaire arctique. Ainsi la côte de la Californie a présenté le *Cardium groenlandicum*, et les coquilles du Kamtschatka, surtout, rappellent d'une manière remarquable celles du nord de l'Europe.

» Dans le reste de la série zoologique le voyage de *la Vénus* n'a rapporté que fort peu de chose : mais il n'en est pas de même en botanique. MM. Néboux et de Tessan se sont surtout attachés à recueillir les plantes terrestres et marines qui croissent dans les îles du grand Océan, direction importante sous le rapport de la distribution géographique et qu'on ne saurait trop recommander aux voyageurs.

» L'expédition a aussi eu l'avantage de rapporter une belle collection de deux cent-trente plantes faite à la Nouvelle-Hollande par M. Allan Cuningham, outre une quarantaine d'autres recueillies à Otahiti par M. Morenhaut.

» D'après cela il est aisé de voir combien nous devons desirer que l'Académie veuille bien non-seulement adresser ses remercîments à MM. Du-Petit-Thouars, Néboux et Filleux, mais en outre prier M. le Ministre de la Marine de les leur faire parvenir officiellement et d'y joindre les témoignages de sa propre satisfaction pour leur généreuse coopération aux progrès des sciences. »

Les conclusions du Rapport de M. de Blainville sont adoptées par l'Académie.

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

M. **Élie de Beaumont** présente à l'Académie, de la part de M. **Ignace Domeyko**, ancien officier polonais et ancien élève de l'École des Mines de Paris, aujourd'hui professeur de chimie à Coquimbo, au Chili, deux Mémoires, le premier *sur un terrain stratifié situé dans le haut des Cordilières et sur les filons métallifères qui l'accompagnent*, et le second *sur les minerais oxi-sulfurés du Chili, avec une Notice sur les productions minérales de ce pays.*

La lettre d'envoi de M. Domeyko contenait les détails suivants sur les circonstances dans lesquelles il a fait ses observations, et sur les remarques

qu'il a eu occasion de faire en traversant une première fois la chaîne des Andes, lors de son arrivée d'Europe au Chili.

« Il y a déjà long-temps que je cherche une occasion de vous écrire et de vous envoyer quelques échantillons de roches et coquillages recueillis dans les Cordilières. Bien des soucis et des occupations m'ont empêché de vous les faire parvenir plus tôt : j'avais à construire une maison, un laboratoire, à monter un cabinet de chimie, de physique et de minéralogie, à visiter quelques mines des environs, à apprendre la langue du pays et en même temps à professer la chimie. Maintenant je suis un peu plus maître de mon temps, et je m'empresse de profiter de l'obligeance de M. de Casotte, consul français au Chili, pour vous expédier une collection de minéraux que je prends la liberté d'accompagner de quelques observations pour lesquelles je demande votre indulgence.

» J'aurai bien peu de chose à dire sur mon premier voyage dans les Cordilières, en arrivant de l'Europe par le passage de *Uspallata* et *Santa-Rosa de los Andes* (vers la fin du mois de mai 1838). L'hiver avait déjà couvert de neige *la Cumbre* et une partie des basses montagnes jusque auprès de *Guardia-Vieja;* nous étions pressés et nous avions trop à lutter contre l'intempérie de la saison pour que je fusse en état d'examiner ces terrains et localités les plus intéressants, signalés par M. Darwin (*Proceedings of the geol. Soc. of London,* VIII, 42). Cependant je ne puis m'empêcher de vous communiquer l'idée qu'a fait naître en moi le premier aspect de la composition géologique des Cordilières, qui certainement se présente sous un aspect bien étrange et tout-à-fait incompréhensible à celui qui, habitué à parcourir les montagnes de l'ancien continent marquées par les soulèvements de terrains bien caractérisés, voit pour la première fois cette énorme chaîne de montagnes composée presque entièrement de masses porphyroïdes. Une vaste plaine d'alluvions, celle de *las Pampas,* arrive de la côte de l'Atlantique jusqu'au pied même de ces porphyres, et l'on ne trouve de l'autre côté du système, au pied des derniers chaînons, que des granites baignés par les eaux de l'océan Pacifique. Tout m'a paru irrégulier, bizarre, dans l'intérieur des Andes; et lorsqu'au milieu de masses difformes, il me semblait apercevoir quelques lambeaux de terrains stratifiés, mon incertitude ne faisait que s'accroître par l'examen de la structure minéralogique des couches, de leur passage presque insensible aux roches ignées et de la manière dont elles se subdivisent. Ainsi la plupart de ces roches compactes, verdâtres, se divisant en tables, situées vers la partie basse du système et que les voyageurs prennent pour des schistes de tran-

sition, m'ont paru de même nature que certaines masses non stratifiées du haut des Cordilières. Tantôt ce sont des assises euritiques ou porphyroïdes, présentant deux ou trois systèmes de subdivisions presque également faciles et analogues aux systèmes de fentes et fissures qui souvent découpent en rhomboèdres les plus hautes montagnes du Chili; tantôt ces mêmes schistes ressemblent tout-à-fait à la roche qui remplit certains filons et qui, se divisant aussi en tables et rhomboèdres, a en général une structure plus compacte et plus homogène que celle des masses encaissantes. Ces bancs de conglomérats situés dans la partie haute du système, qui, ayant l'apparence de grès et de tufs arénacés, ont été pris pour une formation analogue au grès rouge, m'ont paru également problématiques. Beaucoup de ces assises passent insensiblement aux brèches porphyroïdes qui forment la croûte superficielle de ces masses euritiques dont elles tirent leur origine.

» Cette idée d'incertitude sur tout ce qui avait l'apparence de terrains stratifiés est l'impression qu'a fait naître en moi mon premier voyage dans les Cordilières. Quelques mois plus tard je fis une excursion dans l'intérieur du pays, en me dirigeant de la baie de Coquimbo par la belle vallée d'Elqui, et cette fois j'ai eu l'occasion d'examiner un terrain stratifié bien caractérisé, dont la connaissance me facilitera dans la suite l'étude de la géologie des Andes. C'est à ce terrain que se rapportent le Mémoire et les échantillons que j'ai l'honneur de vous envoyer. »

M. **Haldat** adresse un Mémoire sur les résultats de ses nouvelles recherches concernant le *Magnétisme de rotation*.

(Commissaires, MM. Arago, Savary, Becquerel.)

M. **de Lignerolles** prie l'Académie de vouloir bien se faire rendre compte d'un nouveau procédé qu'il a imaginé pour l'*injection des pièces anatomiques*. L'injection se fait à froid, et la matière, assez ténue pour pénétrer dans les vaisseaux capillaires et revenir des artères dans les veines, prend au bout de quelques heures une grande solidité.

(Commissaires, MM. Duméril, Serres, Breschet.)

M. **Deny de Curis** fait connaître le procédé qu'il emploie pour éteindre les chaux de toutes qualités qui doivent entrer dans la composition des mortiers hydrauliques.

(Commissaires, MM. Poncelet, Piobert, Héricart de Thury.)

CORRESPONDANCE.

PHYSIQUE. — *Note sur la chaleur de combustion du carbone et de l'oxide de carbone; par* M. EBELMEN, ingénieur des Mines.

« Dans la séance de l'Académie des Sciences du 11 mai dernier, M. Hess, en lui communiquant quelques résultats calorifiques obtenus dans certaines combinaisons chimiques, fait remarquer que les lois qu'il en déduit s'appliquent aux recherches de M. Dulong, en ce qui concerne la combustion du carbone, et que, dans cette combustion, la quantité de chaleur dégagée par le premier atome d'oxigène est à la quantité dégagée par le second :: 3 : 2. Si donc on admet, avec M. Hess, que la quantité de chaleur dégagée dans une combinaison est constante, soit que la combinaison s'opère directement, soit qu'elle ait lieu indirectement et à différentes reprises, on devra en conclure que l'acide carbonique doit dégager de la chaleur en se transformant en oxide de carbone, puisque deux atomes d'oxigène employés à produire de l'oxide de carbone dégagent 6 de chaleur, tandis qu'ils ne dégageraient que 5 s'ils étaient employés à produire de l'acide carbonique.

» Les conséquences présentées par M. Hess étant fort importantes pour l'explication des phénomènes qui se passent dans les hauts-fourneaux, j'ai voulu vérifier les calculs qui leur servent de base et j'ai reconnu qu'il y avait eu erreur dans la manière dont ils avaient été faits, et que les résultats à en déduire étaient directement opposés à ceux énoncés.

» En prenant la moyenne des quatre expériences faites par Dulong sur la combustion du charbon, on trouve que 1 litre de vapeur de carbone donne par sa combustion complète 7858 unités de chaleur.

» En comparant ce nombre avec celui obtenu par M. Despretz (7815 unités pour 1 en poids de charbon), on voit évidemment que M. Dulong a admis que l'acide carbonique renfermait $\frac{1}{2}$ volume de vapeur de carbone et 1 volume d'oxigène condensés en un seul volume, puisque, dans cette supposition, 1 litre de vapeur de carbone pèserait $1^{gr},018$.

» Ainsi donc, 1 litre vapeur carbone produit, par sa combustion, 2 litres d'acide carbonique et dégage 7858 unités de chaleur.

» Or, 2 litres d'oxide de carbone, renfermant 1 litre vapeur carbone, con-

somment 1 litre oxigène et donnent en brûlant 2 volumes acide carbonique et 6260 unités de chaleur.

» La quantité de chaleur dégagée par la transformation de 1 litre vapeur de carbone en oxide de carbone, a donc été seulement de 1598 unités, ou les 0,216 de la quantité totale de chaleur dégagée par la combustion complète du charbon. La quantité de chaleur dégagée par la combinaison du premier atome d'oxigène est à celle dégagée par la combinaison du deuxième :: 0,27 : 1, ou approximativement :: 1 : 4.

» Il est facile de conclure de ces nombres l'abaissement de température que doit éprouver l'acide carbonique supposé pur, en se transformant en oxide de carbone. En effet :

» 1 litre d'acide carbonique contient $\frac{1}{2}$ litre de vapeur de carbone dont la combustion complète a donné 3 929 unités de chaleur.

» 1 litre d'acide carbonique dissout $\frac{1}{2}$ litre vapeur de carbone, et donne 2 litres d'oxide de carbone, dont la combustion donnera 6 260 unités.

» Il y a donc eu 10 189 unités de chaleur dégagées. Or, comme il n'y a eu en tout que 1 litre de vapeur de carbone brûlé, sa combustion ne doit donner que 7 858 unités de chaleur. La différence 2 331 représente donc la quantité de chaleur absorbée et rendue latente par 1 litre d'acide carbonique, en se transformant en 2 litres d'oxide de carbone.

» Les 2 litres d'oxide de carbone formé pèsent $2^{gr},514$. La chaleur spécifique de ce gaz étant, d'après de Laroche et Bérard, 0,2884, on trouve que 2 litres dégagent, en se refroidissant de 1°, une quantité de chaleur représentée par $2,514 \times 0,2884 = 0,727$. L'abaissement de température qui doit résulter de l'absorption de 2 331 unités de chaleur rendue latente, sera donc $\frac{2331}{0,727} = 3206°$.

» Ces calculs supposent que la quantité de chaleur, dégagée par la combinaison, est la même, soit que cette combinaison s'opère directement, soit qu'elle ait lieu à différentes reprises.

» Cette loi qui a été annoncée par M. Hess, paraît, du reste, conforme à toutes les analogies.

» L'erreur dans laquelle est tombé M. Hess provient de ce qu'il a admis dans l'acide carbonique un volume de vapeur de carbone et un volume d'oxigène condensés en un seul, ce qui donne à la vapeur de carbone une densité deux fois plus faible que celle adoptée par M. Dulong. »

GÉOLOGIE. — *Extrait d'une Lettre de* M. PUILLON-BOBLAYE, chef d'escadron au corps royal d'État-Major, *à* M. *Élie de Beaumont.*

« Les collines du littoral qui s'étendent en bande régulière depuis Coléah jusqu'au mont Chénouan, ne sont pas des espèces de dunes, comme les cartes les représentent. C'est le terrain subapennin très développé s'élevant jusqu'à 250 mètres et très profondément accidenté du côté de la mer. Les couches relevées vers le nord, se dirigent d'abord O.-S.-O. et ensuite à l'ouest, comme le rivage. Dans les environs d'Alger je crois avoir reconnu un étage supérieur à ce terrain, peut-être même une formation bien distincte : c'est celle des calcaires à coquilles spathiques avec grès et argile rouge. Cette argile, non effervescente, lie la formation des brèches osseuses, des travertins, des dépôts caverneux, aux dépôts marins précédents.

» En approchant de Cherchel, on trouve une grande série de marnes bigarrées de grès siliceux, de calcaire jaune, violet et vert, de gypses et enfin de conglomérats les plus bizarres. On les prendrait pour des conglomérats porphyritiques analogues à ceux de l'Esterel : ce sont des brèches à petits grains de calcaire, où dominent les couleurs verte, rouge et blanche. Je crois pouvoir rapporter ce terrain aux marnes du grès bigarré; il s'élève jusqu'à moitié hauteur du Chénouan, dont le sommet est couronné par de grandes masses calcaires.

» La direction E. et O. devient dominante dès qu'on approche du méridien de Cherchel. On la voit se dessiner au sud dans les chaînons du Chabou (Ersa des cartes), du Texta, et enfin du Zacar et du Righa, séparés entre eux par des vallées parallèles au rivage.

» Les collines qui bordent la Mitidja, depuis l'Aousch-Mouzaya jusqu'aux sources de l'Oued-Bourkika, sont porphyritiques, comme celles de Kara-Mustapha, dans l'est; peut-être en est-il ainsi de tout l'entourage au sud, du bassin de la Mitidja. Les ravins qui descendent de ces collines roulent de belles calcédoines qui probablement viennent d'un autre terrain, car quelques-unes paraissent être des polypiers fossiles.

» Quand on a franchi le col qui ferme la Mitidja, vers Miliana, on entre dans une région d'un aspect et d'une nature tout autres. C'est une région de hauts plateaux, entièrement nus, séparés par de larges vallées dont les flancs à pentes douces sont terminés par un abrupte, et profondément ravinés. C'est le second étage des terrains tertiaires de l'Afrique (ou le troi-

sième si l'on considère le calcaire à coquilles spathiques comme le premier). Il se compose d'une grande épaisseur de marnes bleues sans fossiles, qui forme le fond de toutes les vallées, et, au-dessus, de calcaire jaune sablonneux, variant un peu dans ses caractères, suivant les localités. Au lieu des fossiles si variés du terrain subapennin, on ne trouve que des bancs d'une huître identique à celle de Montpellier.

» Sur la route de Miliana, avant d'atteindre Borg-Boua-Louau, le calcaire est compacte, pisolitique et rempli de nodules avec orbicules siliceux. Plus loin, dans la chaîne du Gontas, séparation des eaux du Chélif et de la Mitidja, le calcaire devient un grès ferrugineux, qui se divise en dalles que l'on a voulu prendre pour des pavés romains. Enfin, à Médéah, c'est tantôt une pierre de taille à grains fins et jaunâtres, tantôt une roche qui se désagrège de manière à donner naissance à des collines de sable: c'est ce qu'on nomme le *Sahara de Médéah*. Les huîtres forment un banc à niveau constant entre les calcaires et les marnes.

» Ce second terrain tertiaire diffère aussi du terrain subapennin par sa stratification. Ses couches sont beaucoup plus redressées; et, indépendamment des directions E. et O. et E. $\frac{1}{4}$ N.-E. qu'elles affectent comme le premier, elles sont brisées suivant de longs escarpements dans la direction du N.-N.-O. La route du col de Téniah à Médéah suit une de ces dislocations : c'est elle qui forme la crête rocheuse du Nador ou Dakla au pied duquel passe la route. On en voit encore de fort remarquables à l'est et à l'ouest du plateau d'Ouamry, entre Médéah et le Chélif. Toutes les rivières de la Mitidja traversent la chaîne après avoir pris naissance sur le plateau intérieur; l'Oued-Ger, le Bouroumi, la Chiffa, l'Harrach, l'Hamise traversent les chaînes *imbriquées* qu'on appelle, je ne sais pourquoi, *petit Atlas*, dans des gorges tellement étroites qu'elles sont quelquefois impraticables. Il y eut à la suite de ces fractures d'immenses dénudations en rapport probablement avec la largeur et la profondeur des fractures. Voici ce qu'on observe au col du bois des Oliviers qui sépare la naissance de la Chiffa de celle du Bouroumi :

» D'un côté, la Chiffa est à 10 mètres au-dessous du col; de l'autre le Bouroumi s'enfonce à 150 ou 200^{m} au-dessous du même point.

» Le second terrain tertiaire, dit *étage moyen*, couvre tout l'espace compris entre les montagnes des Beni-Salah, du Mouzaya et des Soumata, et la vallée du Chélif; il paraît s'étendre fort loin dans le sud et l'est de Médéah : j'ignore s'il dépasse la chaîne de montagnes du sud. Vous savez que j'ai trouvé la même formation dans la province de Constantine, entre cette

ville, Djimilah et Milah. Ce sont les mêmes roches et les mêmes fossiles.

» La disposition est aussi analogue : elle s'arrête vers le nord à la grande chaîne qui va à peu près de l'est à l'ouest depuis les Tou-Milieth, route de Philippeville, jusqu'au Boucherf (à une dixaine de lieues de la mer), et s'arrêterait au sud, avant la plaine qui s'étend de Constantine à Sétif : cette plaine, la Medjana et le plateau d'Hamza auraient séparé les deux golfes.

» Au sud de la vallée du Chélif on voit s'élever plusieurs chaînes étagées dont la dernière atteint à peu près la même hauteur que la chaîne dite petit Atlas. Je juge d'après les formes, que le premier étage doit appartenir au terrain tertiaire moyen, comme le Gontas ; mais ensuite on doit trouver le terrain crétacé : j'en ai reconnu les roches dans les galets du Chélif. Dans l'un d'eux M. Deshayes a cru reconnaître une Tornatelle de la craie inférieure. Un fait négatif à noter est l'absence dans la vallée du Chélif de tout dépôt alluvial à gros blocs, comme ceux des vallées du Rummel, de la Seybouse et du Lisser ; il est vrai que la partie de cette vallée que j'ai parcourue a l'air d'être le fond d'un grand lac (8 lieues sur 6).

» La formation crétacée composée de macignos à grains verts, de calcaires à silex, de marnes à fucoïdes, de grès ferrugineux, et enfin de calcaires à nummulites, telle que nous l'avons vue dans la province de Constantine, aux Bibans, et jusque dans l'Ammal, à l'est de la Mitidja, serait donc ici rejetée plus au sud.

» Les monts Righa et Zachar au-dessus de Miliana (1500 à 1600 mètres) ne sont que le prolongement, avec interruption de la chaîne des Beni-Sallah et du Mouzaya, un peu infléchie par le système de fracture est et ouest. Elles appartiennent à la même formation, et je ne serais pas éloigné de croire, comme M. Rozet, que c'est la formation du lias. On trouve à la base des marnes bleues très foncées, presque aussi tendres que celles du terrain tertiaire, puis viennent des calcaires bleus, cristallins, auxquels doivent succéder, vers le sommet, des calcaires violets et gris compactes, étage qui pourrait appartenir aux séries jurassiques. Un filon de fer très riche, composé d'hématite, de fer oligiste, de fer hydroxidé résinoïde, traverse la montagne à l'est de la ville. Abdel-Kader, profitant de la richesse de ce filon et d'une magnifique chute d'eau, avait commencé la création d'un haut-fourneau, à dix minutes de la ville et sur la direction même du filon. Les travaux nous ont paru bien dirigés; mais cette entreprise, comme toutes celles du même genre que l'on tentera en Afrique, eût manqué par le défaut de combustible. Si l'on voit en effet quelques

magnifiques forêts dans les hautes montagnes, les diverses variétés de chênes dont elles sont uniquement formées se renouvellent trop lentement pour entretenir la consommation d'une grande usine.

» Un filon encore plus intéressant coupe les marnes près du haut-fourneau; c'est du feldspath blanc grenu, avec quelques rares paillettes de mica. En suivant sa trace vers le haut de la montagne, j'ai observé un des faits les plus remarquables de dolomitisation; le calcaire marneux devient une dolomie jaunâtre avec fer oligiste micacé. Les aventuriers qui entourent Abdel-Kader avaient aussi spéculé sur ce filon, dont ils avaient reconnu la nature : ils voulaient faire de la porcelaine!

» Presque toutes les sources qui entourent Miliana ont des températures anomales; elles varient depuis 24° jusqu'à 15° (centigrades), qui est le minimum, et ne doit pas être éloigné de la température moyenne du lieu. Miliana est à 800^{m} au-dessus du niveau de la mer. On sait qu'il y a sur le revers opposé de la montagne des sources à une très haute température, avec des ruines romaines qui signalent la station *ad aquas*. Des travertins anciens forment la terrasse élevée sur laquelle repose Miliana. Leur production n'a pas entièrement cessé de nos jours; les eaux les plus chaudes, celles à l'est de la ville, déposent encore abondamment.

» La chaîne du Mouzaya, que j'ai parcourue depuis le col jusque auprès du sommet culminant, est formée, de bas en haut, par des marnes bleues, des gompholites bréchoïdes et des calcaires variés, de teintes sombres, et passant du compacte au cristallin: ce sont ces roches dures qui forment l'arête aiguë anfractueuse et bordée de précipices sur laquelle nos troupes ont combattu lors de la prise du col. Il y a ici vallée d'élévation, sur une longueur de près de trois lieues, avec un petit lac au milieu des plus belles forêts (hauteur 1200 mètres).

» Nous avons été à même d'étudier le filon de cuivre qui se trouve sur le revers sud de la descente du col Téniah, filon déjà signalé par M. Rozet en 1830. Nous l'avons traversé cinq fois dans l'espace de deux mois, et chaque fois, secondé par M. Tripier, pharmacien de l'armée dont vous devez connaître les travaux de chimie applicable à la géologie, nous avons trouvé de nouveaux sujets d'intérêt.

» Ce filon, où le fer domine, perce au milieu des marnes bleues et se dirige comme la stratification N. 70° E. Il contient beaucoup de fer hématite, de la baryte sulfatée, du quartz hyalin, du cuivre sulfuré, carbonaté, vert et bleu; il a formé cette longue arête aiguë qui fut attaquée si vivement par les Arabes dans les journées du 27 mai et 15 juin. Les an-

ciens l'ont exploité. J'ai trouvé beaucoup de scories sur le petit plateau du bois des Oliviers.

» En suivant la crête du Mouzaya, l'on trouve, exactement dans la direction du filon de cuivre, un filon de fer oligiste remarquable par sa richesse et sa puissance. Je l'ai suivi pendant plus de deux lieues. Les cristaux ont quelquefois la beauté de ceux de l'île d'Elbe.

» Je me permettrai, en terminant ma lettre, d'émettre quelques idées théoriques sur la disposition des terrains africains. Il me semble que deux séries en ordre inverse d'ancienneté relative s'étendent du rivage vers l'intérieur.

» La première série se compose des marnes bigarrées, du lias, des séries crétacées, jusqu'au calcaire à nummulites inclusivement et du terrain tertiaire parisien. L'indication de ce dernier terrain ne repose encore que sur les observations que j'ai faites, il y a deux ans, dans les plaines au S.-E. de Constantine, vers l'Aures. J'y ai trouvé quelques fossiles dans lesquels M. Deshayes serait disposé à reconnaître des types parisiens.

» La seconde série nous présente, en se rapprochant du rivage, le terrain tertiaire ancien, la large bande du tertiaire moyen, le subapennin et enfin l'étage récent ou quaternaire, sur le rivage même. En France, il y a quelque chose d'analogue; il semblerait donc qu'après une période de dépôts successifs s'écartant d'un centre méditerranéen vers le sud et vers le nord, il y aurait eu au contraire succession de dépôts tertiaires de plus en plus récents en venant du sud et du nord vers ce même centre. Après une période de relèvements successifs il y en aurait eu une d'affaissement central, avec relèvement du nord de la France vers le midi, et du sud de la Régence vers le nord.

» Cette disposition montre combien il y a peu de chances de trouver en Afrique le terrain carbonifère. Ce n'est que près de la mer, sur une ligne E.-O. que commencent à affleurer quelques roches anciennes. Ce n'est que sous la Méditerranée que doivent s'étendre les séries carbonifères et de transition. Dans un pays où l'on voit le terrain tertiaire moyen former des plateaux presque culminants, à 1200 mètres d'élévation, quelles fractures ne faudrait-il pas pour mettre au jour les terrains anciens ? »

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Recherches sur les fumerolles; par* MM. **Melloni** *et* **Piria**. — Lettre de M. *Melloni* à M. Arago.

« Quelque temps après mon arrivée à Naples, je fis une excursion au lac d'Agnano et à la Solfatare : plusieurs personnes m'avaient recommandé en partant de répéter une expérience fort curieuse sur les fumerolles (*fu-*

maiuoli) qui se trouvent parsemées en assez grande quantité sur le sol de ces anciens cratères volcaniques.

» Les fumerolles sont des traînées plus ou moins visibles de fumée provenant de la précipitation de la vapeur aqueuse, du soufre extrêmement divisé, ou autre corps solide ou liquide tenu en dissolution par les gaz qui s'échappent des entrailles de la terre au travers de petites fentes, ou trous, souvent imperceptibles. Aussitôt que l'on approche de l'une d'elles un morceau d'amadou allumé, on voit la fumée augmenter de volume et d'épaisseur : le phénomène est encore plus prononcé lorsque la fumerolle surgit dans l'intérieur d'une grotte, ou d'un espace limité quelconque, tel que les petites salles à bain de vapeur naturelle établies sur les bords du lac d'Agnano; alors un filet à peine visible de fumée se transforme souvent dans une espèce de nuage blanchâtre et fort dense qui envahit peu à peu toute la capacité de l'ambiant.

» A la première inspection de ce fait, il me parut évident qu'on ne saurait l'expliquer mécaniquement, c'est-à-dire que ce n'est point la chaleur de l'amadou qui, en produisant une raréfaction dans la masse de fluide superposé au sol, imprime un surcroît de vitesse à l'écoulement du gaz fumant, et en soutire ainsi une plus grande proportion dans un temps donné. En effet, l'exhalation de la fumée n'est pas du tout en rapport avec la quantité de chaleur développée par le corps incandescent : une parcelle embrasée d'amadou exerce une influence sensiblement égale à celle d'un large morceau allumé de cette même substance; de plus, si l'on opère sur les terrains qui contiennent dans une petite étendue un certain nombre de fumerolles, on ne tarde pas à se convaincre que l'action une fois excitée ne se propage pas par voie de raréfaction. Je remarquai sur un des versants intérieurs de la Solfatare un espace de 3 à 4 mètres carrés de surface presque entièrement cerné par une couronne de fumerolles. Lorsque, dans un instant de calme, je faisais approcher des bords de cet espace un cigare allumé, on voyait la surexcitation de fumée se produire, non-seulement dans la fumerolle en contact avec le cigare et ses voisines, mais dans toute la série environnante, jusqu'à l'extrémité la plus éloignée, c'est-à-dire à cinq ou six pieds de distance; et cela sans aucun changement de direction dans les traînées de fumée, qui continuaient à s'élever verticalement au lieu de s'incliner vers le corps embrasé, comme elles l'auraient fait infailliblement si l'effet dérivait de la raréfaction induite par la chaleur dans le mélange gazeux.

» Or si le phénomène ne tire pas son origine des mouvements imprimés

au gaz par la présence du corps chaud, il faut nécessairement l'attribuer à une action chimique; alors on conçoit l'espèce d'indépendance qui existe entre l'intensité de l'effet produit et le nombre de points incandescents; alors on comprend aussi comment la surexcitation se communique de l'une à l'autre fumerolle sans causer aucun changement dans la direction naturelle des traînées de gaz.

» Je communiquai, sur le lieu même de l'observation, ces remarques si simples et si concluantes à M. Piria, qui avait eu la complaisance de m'accompagner, et je l'engageai à étudier attentivement ce genre d'action, qui me semblait digne du plus grand intérêt : le jeune chimiste napolitain me promit de le faire, et maintenant je reçois de lui une note qui contient les principaux résultats de ses premières recherches. Vous allez juger vous-même, mon cher ami, combien ces résultats sont importants pour certaines branches de la chimie, et pour l'explication de divers phénomènes géologiques. Voici la traduction de sa lettre :

« Les premières tentatives que j'ai faites pour me rendre raison du phénomène furent dirigées à le reproduire artificiellement dans mon laboratoire. Je commençais à agir séparément sur l'hydrogène sulfuré dont l'existence dans les gaz des fumerolles de la Solfatare ne saurait être douteuse pour quiconque a visité ces localités; et, pour faire cette expérience commodément, j'introduisis dans un récipient de verre un mélange d'eau, de sulfure de fer et d'acide sulfurique : j'adaptai au col de ce récipient un bouchon au travers duquel je fis passer le col d'une bouteille à fond coupé et renversée en guise d'entonnoir. L'hydrogène sulfuré dégagé dans le premier récipient, passe dans le second, et s'y mêle à une grande quantité d'air atmosphérique qui pénètre librement par la partie supérieure. Si l'on introduit dans cette dernière partie de l'appareil un petit morceau d'amadou embrasé, ou tout autre corps en combustion, on voit apparaître d'épaisses fumées blanchâtres qui commencent tout près du corps en combustion et se propagent en très peu de temps sur tous les points de la masse fluide.

» Pour savoir quels sont les produits qui se forment dans cette réaction, » je suspendis un gros morceau de charbon ardent au milieu d'un matras, » où je fis arriver un courant d'hydrogène sulfuré. Les fumées blanches se » montrèrent aussitôt que le gaz vint au contact du charbon, et remplirent » en peu d'instants toute la capacité du récipient. L'expérience finie, je trou» vai dans l'intérieur du vase une grande quantité d'acide sulfureux, » quelques traces de soufre, et beaucoup d'eau déposée sur les pa-

» rois sous forme de rosée : les éléments de l'hydrogène sulfuré se com» binent donc avec l'oxigène de l'air, et forment de l'eau et de l'acide » sulfureux. Quant au soufre, ce n'est, à mon avis, qu'un produit » secondaire, que l'on doit attribuer à la réaction de l'eau et de l'acide » sulfureux sur l'hydrogène sulfuré, qui n'a pas encore subi la décom» position : car il est bien connu que le simple contact de ces trois corps » donne lieu à une formation d'eau et à un dépôt de soufre. Il faut donc » considérer dans le phénomène en question deux actions bien distinctes : » l'action directe excitée par le charbon ardent entre l'hydrogène et le » soufre du gaz, et l'oxigène de l'atmosphère, qui donne pour produits de » l'eau et de l'acide sulfureux; et l'action secondaire de ces premiers pro» duits sur le gaz indécomposé, d'où résulte une nouvelle précipitation d'eau » et un dépôt de soufre. Ainsi près du corps incandescent la fumée se com» pose de vapeur aqueuse, et plus loin de vapeur aqueuse et de soufre ex» trêmement divisé.

» Maintenant il fallait voir quelle était la nature de l'action exercée par » le charbon incandescent. J'introduisis dans le matras une baguette de verre » chauffée jusqu'au rouge. Il n'y eut pas la moindre réaction entre les élé» ments des deux gaz : cela prouve d'une manière décisive que la chaleur » n'est pas la cause unique du phénomène. D'autre part le fer métallique » et presque tous ses composés naturels, le fer oligiste, le fer titanifère, la » pyrite elle-même, substitués à la baguette de verre, se comportèrent exac» tement comme le charbon. Au contraire, le cuivre, le zinc et l'antimoine » ne produisirent ni vapeur d'eau, ni acide sulfureux, quelle que fût la » température où on les portait avant de les introduire dans le mélange » d'air atmosphérique et d'hydrogène sulfuré; ces métaux se couvrent tou» tefois, comme le fer, d'une légère couche de sulfure, et se comportent » chimiquement parlant, de la même manière. D'ailleurs, nous avons vu la » pyrite et le charbon ne s'approprier aucun des éléments de l'hydrogène » sulfuré, et exciter cependant la réaction de ses éléments sur l'oxigène » de l'air.

» D'après ces expériences, et beaucoup d'autres qu'il serait trop long » de décrire ici, je pense que l'on doit placer le phénomène qui nous occupe » dans la classe, déjà si étendue, des actions chimiques dont l'origine est » encore enveloppée d'obscurité; actions que M. Berzélius a réunies, dans » ces derniers temps, sous la dénomination générique de forces catalytiques. » Le fer et le charbon sont au mélange d'air atmosphérique et d'hydro-

» gène sulfuré, ce qu'est l'éponge de platine au mélange d'oxigène et d'hy-
» drogène, ou bien l'argent à l'eau oxigénée, le ferment au sucre.

» L'action du fer et de ses composés me fit soupçonner que les laves » volcaniques et autres corps ferrugineux, pourraient bien se comporter » de la même manière. Et en effet ayant tenté l'expérience avec plusieurs » espèces de lave du Vésuve et de la Solfatare, j'eus la satisfaction de voir » mes prévisions accomplies : je dirai même que le résultat dépassa mon » attente; car j'ai trouvé des laves basaltines qui agissent avec une énergie » supérieure à celles du fer et du charbon. D'après cela, il est évident que » les laves des cavités souterraines de la Solfatare, et des volcans analogues, » possédant la température élevée de l'intérieur, et se trouvant en même » temps au contact de l'air atmosphérique et des courants ascendants » d'hydrogène sulfuré, doivent nécessairement réagir sur ces gaz, comme » dans notre expérience, et produire de l'eau en vapeur et de l'acide » sulfureux, puis des nuages composés de vapeur aqueuse et de soufre » extrêmement divisé. C'est ainsi, selon toute probabilité, que se forment » d'abord les fumerolles, et successivement la grande quantité de soufre qui » existe dans toutes les parties du sol traversées plus ou moins directe- » ment par ces torrents continus de matières gazeuses.

» On conçoit aussi comment les produits de l'action des laves sur les » gaz qui l'entourent engendrent les sulfates simples ou composés que l'on » trouve si abondamment répandus sur le plan de la Solfatare. En effet, » l'acide sulfureux doit décomposer lentement les laves, et se combiner » avec les oxides métalliques qu'elles renferment, de manière à produire » des sulfites qui se convertiront peu à peu en sulfates en absorbant l'oxi- » gène de l'air atmosphérique.

» L'hydrogène sulfuré et les laves portées à une certaine température sont- » ils les seuls corps qui par leur présence simultanée réagissent sur les élé- » ments de l'air atmosphérique? Cela ne me paraît guère probable, et je » pense, au contraire, que l'on doit trouver des exemples d'un genre d'action » tout-à-fait analogue dans quelque autre substance, et dans l'acide hydro- » chlorique qui se dégage continuellement du Vésuve et des volcans en » pleine activité : de là sans doute la formation de l'acide nitrique, des » nitrates, et des hydro-chlorates d'ammoniaque, substances si communes » dans la nature et si difficiles à former dans le laboratoire du chimiste » par la réunion immédiate de leurs éléments. C'est vers ce but que ten- » dront maintenant mes recherches ultérieures. »

MÉTÉOROLOGIE.—*Sur la périodicité des aérolithes.*—Lettre de M. CAPPOCCI, directeur de l'Observatoire de Naples, à M. *Arago.*

« J'ai lu, le 17 mars, à notre Académie, un Mémoire sur les aérolithes, à l'occasion de celui qui avait éclaté ici, à Naples, le 29 novembre de l'année passée, vingt minutes avant le coucher du soleil. Je me souvins alors qu'en 1820, à peu près à la même époque de l'année, il y en avait eu un autre en Calabre qui remplit de pierres les environs de Cosenza, et Naples de la plus vive lumière, et en recherchant la date exacte, je vis, avec surprise, qu'elle répondait aussi au 29 novembre. Alors, en étendant mes investigations aux aérolithes, globes de feu, bolides, et averses d'étoiles filantes, je recueillis au-delà de 600 de ces apparitions que je disposai en tableau, de manière à ce que les phénomènes de ce genre arrivés dans le même jour, mais dans des années différentes, se trouvassent placés les uns au-dessous des autres. Vous savez qu'on s'était toujours attaché à grouper par mois tous ces phénomènes, ce qui n'avait conduit à aucune conséquence digne de remarque, si ce n'est à montrer qu'ils sont en général plus fréquents dans le printemps. Mais en considérant, comme je l'ai fait, chaque jour en particulier, je me suis trouvé placé dans un point de vue tout nouveau, et la périodicité de ces évènements a été rendue évidente tout autant, du moins, que l'est celle des étoiles filantes!

» Parmi ces jours privilégiés pour l'apparition des aérolithes, le 29 novembre, jour pour lequel je soupçonnai d'abord cette périodicité, occupe une place distinguée; car voici ce que je trouve pour les années précédentes :

29	....	1839,
30	....	1834,
29	....	1831,
26	....	1831,
27	....	1824,
27	....	1824,
27	....	1823,
28	....	1821,
30	....	1821,
29	....	1820,
28	....	1810,
29	....	1809;

en tout douze cas; mais les plus frappantes de ces apparitions d'aérolithes

tombent précisément dans les jours où ont lieu d'ordinaire les grandes averses d'étoiles filantes, le 10 d'août et le 13 novembre, de manière que ce fait, non-seulement prouve la périodicité de cette autre espèce de corps et leur nature cosmique, mais aussi leur identité avec les étoiles filantes. Je me bornerai à indiquer pour ces apparitions périodiques d'aérolithes, un autre jour seulement, le 29 juillet qui, à l'égard du 10 août, est en quelque sorte le pendant du 29 novembre vis à-vis du 13 de ce même mois.

» Cela a peut-être quelque analogie avec la manière dont M. Erman envisage l'espèce de nébuleuse annulaire qui environnerait le Soleil. Ces conclusions viennent d'avoir une confirmation assez satisfaisante, cette prédiction s'étant réalisée vers la fin du mois passé; car le 26 juillet et le 29 le nombre des étoiles filantes observées dans une heure était trois ou quatre fois plus grand qu'à l'ordinaire, et différents bolides du plus grand éclat ont été remarqués. Cette période, annoncée d'avance par moi à mes collègues de l'Académie et de l'Observatoire, ainsi qu'à vous et à MM. Quetelet, de Humboldt, et de Vico, à Rome, paraît avoir atteint son maximum le 26, trois jours plus tôt que l'époque moyenne, et cela paraît dans une relation surprenante avec l'autre période du 10 août, qui cette année s'est accélérée aussi de trois jours.

» Mais ce qui met hors de doute la vérité de ma découverte, c'est, je crois, la chute de grands aérolithes arrivée en Lombardie et en Piémont le 17 du même mois passé, car ce jour aussi est un de ceux signalés dans le tableau qui accompagne mon Mémoire et qui est déposé à notre Académie. Dans ce tableau voici ce qu'on trouve pour les années antérieures:

	Intervalles déduits.
1840. 17 juillet.	
1835. 17	5 ans.
1835. 18	5,0
1818. 17	5,7
1806. 17	6,0
1771. 17	5,0
1761. 17	5,0
1755	5,0
1750. 16	6,0
1730. 17	5,0
1686. 19	4,9
1666. 17	5,0

» Toutes ces apparitions qui ont lieu presque au même jour, comparées

au très petit nombre de celles qu'on observe dans les autres mois (abstraction faite de l'autre jour périodique, du 29), renversent tout-à-fait la supposition d'une combinaison fortuite et reçoivent du fait arrivé dans la haute Italie la confirmation la plus sûre. Elle est aussi très remarquable, la période d'à peu près cinq années qui divise les différentes chutes, ce qui fait supposer dans ces corps cosmiques une révolution d'un même nombre d'années. Ce fait, à mon avis, nous autorise à regarder ces corps comme de véritables comètes d'un petit volume, à peu près de la nature de celle de 1770. Cette comète, dont la période était aussi de cinq ans et qui n'a plus reparu, pourrait fort bien avoir joué le rôle d'aérolithe dans la planète de Jupiter. Il est curieux aussi de remarquer que l'unique comète qui paraisse pouvoir se rencontrer avec la Terre, n'a cette faculté qu'au même jour périodique du 29 novembre!

» D'après ces faits, qu'on doit, je crois, regarder comme bien avérés, et d'après la présence constante dans toutes les pierres météoriques, du fer, du cobalt ou du nikel, je pense qu'il est permis d'envisager ces corps comme le résultat de l'agrégation des atomes cosmiques dispersés dans l'espace; atomes qui sont obligés de se réunir par les pôles contraires, en vertu de la force magnétique. Les formes granuleuses, bosselées, ou en rognons, s'accordent très bien avec la supposition en question, de manière que ces caractères physiques conduiraient aux mêmes conclusions que l'analyse chimique.

» De tout cela il me semble que l'on peut conclure :

» 1°. Que dans l'espace planétaire il y a des bandes ou courants de matières nébuleuses plus ou moins fines, dans un état de magnétisme plus ou moins fort; bandes que la Terre traverse successivement dans les différents jours de l'année, pendant sa révolution périodique ;

» 2°. Que les plus impalpables, pour ainsi dire, de ces particules se précipitent sur les pôles magnétiques de notre globe et occasionnent les aurores boréales ;

» 3°. Que les parties un peu moins petites (dans lesquelles, outre les forces magnétiques, commencent à se manifester les effets de la gravitation universelle) sont attirées par la Terre et se montrent sous forme d'étoiles filantes ;

» 4°. Que ces mêmes parties, dans un état plus avancé, donnent lieu, de la même manière, à des apparitions plus éclatantes sous les noms de globes de feu, météores ignés, aérolithes, etc. Ces derniers aréolithes, en raison de leur plus grande masse, parviennent sans se consumer et se réduire,

pour ainsi dire, en cendre, jusqu'à de très petites distances de la surface de la terre; mais alors il arrive toujours qu'ils éclatent par accumulation d'électricité et de chaleur, comme par une disposition providentielle destinée à prévenir un trop rude choc contre la partie solide de la Terre;

» 5°. Les comètes, enfin, dont la masse a été, comme on sait, toujours trouvée très petite, ne sont autre chose que les plus gros de ces aérolithes, ou pour mieux dire uranolites, qui, échappant à l'attraction des planètes, ont eu assez de temps pour suivre dans l'espace planétaire leur cours indépendant, et recruter assez de matière pour être vues de la Terre. »

CHIMIE. — *Note sur la combinaison du cyanure de mercure et du chlorure de potassium; par* M. LONGCHAMP. (Extrait par l'auteur.)

« Le cyano-chlorure de mercure et de potassium est blanc, très léger, en aiguilles soyeuses. Il est composé de cyanure de mercure, deux atomes; chlorure de potassium, un atome.

» La chaleur du bain-marie en dégage 4 p. 100 d'humidité; mais M. Longchamp n'admet point que ce soit de l'eau combinée. Il présente à ce sujet des vues nouvelles sur la nature de la force qui détermine la cristallisation des sels. Prenant pour exemple le sulfate de soude, il fait voir que l'axe de ce sel est formé d'un prisme hexaèdre vide, d'où il conclut que la cristallisation s'opère par la répulsion des molécules salines et non par leur attraction. Autour du vide hexaédrique de l'axe du cristal de sulfate de soude, se forme une chemise hexaédrique de sel; la répulsion des molécules de cette chemise s'opérant sur les molécules salines qui l'entourent, un nouveau vide se forme et, autour, une nouvelle chemise de molécules salines; et ainsi successivement le cristal se forme d'un vide et d'une paroi saline. Mais s'il en est ainsi, les sels en cristallisant doivent augmenter le volume de la masse au milieu de laquelle ils se forment, comme l'eau en cristallisant augmente de volume; et c'est en effet ce que l'expérience démontre. Si l'on remplit d'une dissolution saline bouillante un petit matras soufflé à la lampe, lorsque la cristallisation s'opère, la boule du matras crève comme si c'était de l'eau qui passât à l'état de glace.

» M. Longchamp établit qu'il n'y a de combinaison possible qu'entre les corps de nature analogue; puis comparant le cyanogène au chlore, corps dont on a reconnu l'analogie depuis long-temps, il pense qu'au lieu d'en conclure, comme on l'a fait, que le cyanogène se comporte souvent comme

un corps simple, on devait inférer de l'analogie que le chlore est un corps composé. Il rappelle qu'il a déjà présenté cette observation à l'occasion d'une discussion qu'il a établie sur les oxides et les acides du chlore. »

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Réclamation à l'occasion d'une note de* M. Vallot *concernant des sources de la Seine.* — Lettre de M. WALFERDIN.

« M. Vallot a, dans la dernière séance, adressé une réclamation à l'Académie relativement à la détermination que j'ai donnée de la température des sources de la *Seine*, de la *Marne* et de la *Meuse*;

» Il annonce que, trompé par l'identité du nom de *Saint-Seine* et de *Seine*, j'ai sans doute pris le ruisseau qui coule dans le bourg de *Saint-Seine* pour la source de la *Seine*.

» Je ne crois pouvoir mieux réfuter l'assertion de M. Vallot, qu'en mettant sous les yeux de l'Académie un extrait de la carte de Cassini dont j'ai vérifié l'exactitude sur les lieux mêmes.

» On y voit que la source de la *Seine* part, ainsi que je l'ai annoncé, d'un vallon appelé dans le pays *d'Huis*, ou plutôt *Douix-de-Seine*, et situé près du hameau d'*Évergereaux* que j'ai désigné (1) de préférence à *Saint-Germain-la-Feuillée*, parce qu'il n'est distant de la source que de 250 mètres environ, tandis que *Saint-Germain* en est éloigné de près d'un kilomètre.

» Si M. Vallot avait visité les sources de la Seine, l'indication que j'ai donnée du hameau d'Évergereaux ne lui eût laissé aucun doute sur le lieu où j'ai observé.

» Il aura probablement confondu l'*abbaye* du bourg de Saint-Seine avec le monument religieux que j'ai désigné aussi sous le nom d'*abbaye de Saint-Seine*, et qui fut autrefois élevé au saint appelé *saint* Seine, dans le vallon que j'ai indiqué, près des sources mêmes de la Seine.

» Quelque nom que l'on donne à cet édifice, dont les décombres servent aujourd'hui à protéger la source contre l'action directe de l'atmosphère (ce qui est fort important pour l'observation que j'avais à faire), il reste donc évident que la source dont j'ai donné la température est bien la source de la Seine, et c'est ce que j'avais à cœur de prouver. »

---

(1) *Compte rendu des Séances de l'Académie des Sciences*, tome XI, pages 170 et 171.

PHYSIQUE. — *Nouvelles expériences sur la caléfaction.* — Lettre de M. **Boutigny** à M. *Arago*.

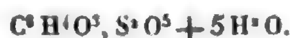
« M. Delattre, professeur de mathématiques au Collége d'Évreux, qui a été témoin de mes essais, avait prévu que les corps se maintiendraient à l'état sphéroïdal dans le vide comme à l'air libre : moi, je doutais; mais le résultat a confirmé pleinement la manière de voir de M. Delattre : *Les corps se maintiennent à l'état sphéroïdal dans le vide comme à l'air libre.*

» Nous avons opéré sur l'eau, sur l'éther et sur l'acide sulfureux anhydre, et nous avons vu se renouveler tous les phénomènes que j'ai observés à l'air libre. Je reviendrai plus tard sur ces expériences curieuses, que je décrirai avec soin.

» Veuillez me permettre, Monsieur, de vous dire dès aujourd'hui que les phénomènes dont il s'agit se sont accomplis sous l'influence d'une température qui détruisait le poli et oxidait la surface d'une capsule en argent au titre de 0,975. »

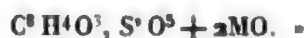
CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de l'acide sulfurique anhydre sur l'acide acétique.* — Note de M. **Melsens**.

« L'acide acétique, traité par l'acide sulfurique, donne naissance à l'acide sulfo-acétique, qui, à l'état cristallisé, se représente par



$$C^8H^4O^3, S^2O^5 + 5H^2O.$$

MO étant une base métallique, les sels neutres anhydres sont représentés par



$$C^8H^4O^3, S^2O^5 + 2MO. \text{ »}$$

M. **Kobilski** présente des considérations sur la forme qu'il conviendrait de donner aux rames d'un *appareil destiné à diriger les aérostats* et sur la manière dont ces rames devraient êtres mues pour reproduire autant que possible par leurs battements ce qui a lieu dans les battements de l'aile de l'oiseau pendant le vol.

M. **Boblet** fait hommage à l'Académie d'un ouvrage manuscrit du chirurgien Morand, portant pour titre : *Relation d'un voyage fait en Angleterre, aux frais de l'Académie des Sciences, pour étudier la méthode de la taille de* M. Cheselden.

La séance est levée à 5 heures. A.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

L'Académie a reçu dans cette séance les ouvrages dont voici les titres :

Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie royale des Sciences; 2e semestre 1840, n° 7, in-4°.

Mémoire sur la théorie des Nombres, présenté à l'Académie des Sciences le 31 mai 1840; par M. Cauchy; in-4°.

Recueil de Voyages et de Mémoires publié par la Société de Géographie; tome 6, in-4°.

Annales des Sciences naturelles; tome 13, mars 1840, in-8°.

Essai sur les falsifications qu'on fait subir aux Farines, au Pain, et sur les moyens de les reconnaître; par MM. Parisot et Robine; Paris, in-8°.

Bulletin de la Société industrielle de Mulhausen; n° 64, in-8°.

Bulletin publié par la Société industrielle de l'arrondissement de Saint-Étienne; tome 17, 4e liv. de 1840, in-8°.

Mémoires de la Société d'Histoire naturelle de Strasbourg; tome 3e, 1re livraison, in-4°, avec planches.

Exposé des Travaux de la Société des Sciences médicales du département de la Moselle; 1831 à 1838, in-8°.

Bulletin de la Société géologique de France; tome 11, 20 avril au 15 juin 1840, in-8°.

Notice historique sur l'origine primitive du Système nerveux dans le règne animal; par M. Virey; ¼ de feuille in-8°. (Extrait de la *Gazette médicale de Paris.*)

Journal de Pharmacie et des Sciences accessoires; août 1840, in-8°.

Journal de l'Institut historique; 7e année, juillet 1840, in-8°.

Journal des Connaissances médicales pratiques; août 1840, in-8°.

Revue scientifique et industrielle; juillet 1840; in-8°.

Propositions physico-chimiques sur la caléfaction et l'état sphéroïdal des Corps; par M. Boutigny; Évreux, ½ feuille in-8°.

Académie royale de Bruxelles. — Bulletin de la séance du 6 *juin* 1840, in-8°.

Bericht uber.... *Analyse des Mémoires lus à l'Académie des Sciences de Berlin et destinés à la publication;* juin 1840, in-8°.

Preisfrage.... *Programme d'un Prix proposé par la Classe des Sciences physiques et mathématiques de l'Académie des Sciences de Prusse, pour l'année* 1842; $\frac{1}{4}$ de feuille in-8°.

Uebersicht.... *Coup d'œil sur les Travaux de la Société silésienne d'Agriculture, etc., pour les années* 1838 *et* 1839; 2 vol. in-4°; Breslau, 1839 et 1840.

Memorie.... *Mémoires pour servir à l'étude de la Constitution physique de la Toscane; par* M. le Dr P. Savi, professeur à l'Université de Pise; Pise, 1839, in-8°.

Alcune.... *Quelques considérations sur l'*Aria cattiva *des Maremmes de Toscane, lues à la section de Géologie du premier congrès scientifique italien tenu à Pise en octobre* 1838; *par* le même; Pise, 1839, in-8°.

Gazette médicale de Paris; tome 8, n° 34.

Gazette des Hôpitaux; n° 97—99.

L'Esculape; deuxième année, nos 5 et 6.

L'Expérience, journal de Médecine; n° 164, in-8°.

Revue de Bibliographie analytique. (Prospectus.)

COMPTE RENDU

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 31 AOUT 1840.

PRÉSIDENCE DE M. SERRES, VICE-PRÉSIDENT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

CHIMIE. — *Extrait d'un Mémoire sur les huiles essentielles; par* M. PELOUZE.

« *Essences extraites du* DRYABALANOPS CAMPHORA.—Je dois à l'obligeance de M. Christison, naturaliste distingué d'Édimbourg, les deux substances fort rares dont l'étude fait l'objet principal de cette Note.

» L'une de ces matières est solide et connue sous le nom de *camphre de Bornéo*; l'autre, fluide, est appelée *camphre liquide*. Toutes deux sont extraites du *Dryabalanops camphora*.

» La matière solide se trouve dans les cavités du tronc des vieux arbres. Quand ceux-ci sont jeunes, ils ne renferment pas de camphre solide; mais en y pratiquant des incisions, il en découle un liquide d'un jaune verdâtre pâle. C'est une huile essentielle mêlée à peine de 5 à 6 centièmes de son poids d'une résine particulière, différente du camphre. Cette essence, qui n'est autre que le camphre liquide même de Bornéo, est un médicament dont on fait le plus grand cas en Orient, où il est depuis long-temps employé pour combattre, dit-on, avec succès les douleurs rhumatismales.

» Le camphre solide fait partie de la matière médicale des Chinois, qui le rangent parmi leurs aphrodisiaques.

» Ainsi, d'après le docteur Christison, à qui je dois les renseignements qui précèdent, le *Dryabalanops camphora* produit trois substances différentes de la nature des essences ou des résines, savoir, les deux camphres et une substance résineuse qui se trouve en dissolution dans l'huile essentielle de Bornéo, dont on peut la séparer en soumettant celle-ci à la distillation.

» L'échantillon d'essence que m'a remis M. Christison avait subi cette opération. En conséquence, j'ai dû forcément borner mon travail à l'examen des deux essences.

» *Camphre de Bornéo.* — Il se présente en petits cristaux, ou plutôt en fragments de cristaux blancs, transparents, très friables, d'une odeur qui tient à la fois du camphre ordinaire et du poivre, d'une saveur chaude et brûlante comme celle des essences. Sa densité est inférieure à celle de l'eau. Il est très peu soluble dans ce liquide, très soluble, au contraire, dans l'alcool et dans l'éther.

» D'après la symétrie des faces qui restent encore dans les cristaux, tous plus ou moins déformés, du camphre de Bornéo, il paraît bien que sa forme est un prisme à six faces régulières dérivant d'un système rhomboédrique.

» Le camphre de Bornéo entre en fusion vers 198°, en ébullition vers 212°. A cette température, il distille sans subir d'altération. Le thermomètre, plongé dans le bain, reste stationnaire depuis le commencement jusqu'à la fin de la sublimation, et la matière distillée ne cesse pas d'être identique en tout point avec le camphre de Bornéo dans son état naturel.

» Plusieurs analyses de la substance concrète de Bornéo m'ont donné, pour sa composition, la formule suivante : $C^{40} H^{36} O^{2}$. Ces analyses ont été faites tantôt avec les plus beaux échantillons de camphre de Bornéo, tantôt avec la matière sublimée ou déposée dans des dissolvants neutres. M. Frémy et M. Deville, qui ont bien voulu, à ma prière, répéter mes analyses, sont arrivés aux mêmes résultats que moi.

» Les nombres $C^{40} H^{36} O^{2}$ représentent quatre volumes de camphre de Bornéo. Une température de 240 à 250 degrés étant insuffisante pour altérer l'essence concrète de Bornéo, sa densité de vapeur a pu être déterminée avec une grande exactitude.

» Chauffé légèrement avec de l'acide phosphorique anhydre, le camphre de Bornéo se décompose tout-à-coup avec production de chaleur et sans aucun dégagement de fluide élastique. Il se forme de l'eau qui s'unit à l'acide phosphorique et un hydrogène carboné nouveau, isomérique avec

l'essence de térébenthine et les nombreux carbures d'hydrogène que MM. Soubeiran et Capitaine désignent sous le nom de *camphènes*.

» Cet hydrogène carboné a pour formule

$$C^{40}H^{32} = C^{40}H^{36}O^{2} - H^{4}O^{2} = 4 \text{ vol. de vapeur.}$$

» Quelques chimistes ont émis l'opinion que les huiles essentielles, décomposées ainsi par l'acide phosphorique en carbure d'hydrogène et en eau, devaient être envisagées comme renfermant des composés binaires tout formés et rangées dans la série des alcools, quand les carbures d'hydrogène qu'on en retire ont la faculté de s'unir aux hydracides. En adoptant cette manière de voir, le camphre de Bornéo aurait pour formule rationnelle

$$C^{40}H^{32}, 2H^{2}O.$$

Mais cela est une pure hypothèse dont il me paraît impossible de tirer quelque induction vraisemblable pour la constitution des huiles essentielles. On conçoit facilement que, d'une part la grande stabilité de l'eau, d'une autre part l'affinité considérable de l'acide phosphorique anhydre pour elle, détermine la réunion de tout l'oxigène de la matière organique à une quantité correspondante d'hydrogène pour former de l'eau qui n'existait pas, tandis que le reste de l'hydrogène s'unit à la totalité du carbone.

» Le *camphre liquide de Bornéo* a une odeur particulière qui n'est pas camphrée et qui se rapproche beaucoup de celle de l'essence de térébenthine. Il est plus léger que l'eau, presque insoluble dans ce liquide; il bout vers 165°.

» Desséché sur du chlorure de calcium, il a présenté sensiblement la même composition que le carbure d'hydrogène retiré du camphre solide par l'acide phosphorique anhydre. Il absorbe la même quantité de gaz acide hydro-chlorique que l'essence de térébenthine. Toutefois, M. Biot, qui a bien voulu l'examiner, a trouvé un état moléculaire différent.

» Abandonné à lui-même dans un vase mal fermé, le camphre liquide de Bornéo s'est oxidé avec une grande rapidité. Sa formule, qui était d'abord $C^{40}H^{32}$, est devenue $C^{40}H^{32}O^{4}$. Cette absorption d'oxigène, remarquable surtout par la promptitude avec laquelle elle a lieu, ne m'a pas paru accompagnée de la formation d'acide carbonique. Malheureusement j'avais à ma disposition trop peu d'essence de Bornéo pour donner beaucoup d'étendue à l'étude de cette substance.

» M. Théodore de Saussure a depuis long-temps constaté que les huiles essentielles absorbent en général une grande quantité d'oxigène au contact de l'air, et qu'elles produisent une quantité considérable d'acide carbonique, quoique moindre toutefois que celle de l'oxigène absorbé. Il ne paraît pas qu'il en soit toujours ainsi, lorsque les huiles essentielles ont été purifiées avec soin avant leur contact avec l'oxigène atmosphérique. L'essence liquide de Bornéo offre un exemple du contraire.

» L'huile essentielle de lavande, bien pure, produit un volume d'acide carbonique qui ne s'élève pas aux $\frac{2}{100}$ de celui de l'oxigène qu'elle absorbe.

» Le *Dryabalanops camphora* sécrétant, pendant qu'il est jeune, une huile essentielle, presque pure, qui a pour composition $C^{40}H^{32}$, et produisant, dans un âge plus avancé, une autre essence dont la formule est $C^{40}H^{36}O^{2}$, il paraît naturel de croire que cette dernière substance, c'est-à-dire le camphre solide de Bornéo, dérive de l'essence liquide qui aurait fixé, dans le cours de la végétation, les éléments d'une certaine quantité d'eau. Il serait intéressant d'examiner à des époques diverses, et sous un semblable point de vue, les végétaux qui produisent des huiles essentielles et des résines. Le résultat de pareilles recherches serait sans doute d'éclairer un des points les plus obscurs de la chimie organique; car on ne sait rien ou presque rien des rapports de composition et de formation qui existent ou peuvent exister entre les essences et les résines sécrétées par les mêmes végétaux.

» On avait cru que la résine la plus importante, la colophane, dont on supposait la formule $C^{40}H^{32}O^{4}$, était produite par l'oxidation de l'essence de térébenthine, qui est $C^{40}H^{32}$. M. Laurent a fait voir que les divers acides isomériques dont le mélange constitue la colophane avaient pour composition les rapports atomiques $C^{40}H^{30}O^{4}$, de telle sorte qu'en partant de ses analyses, la colophane, si elle dérive de l'essence de térébenthine, doit être produite tout à la fois par une déshydrogénation et par une oxidation de celle-ci. Comme deux équivalents d'oxigène en remplacent un seul d'hydrogène, il serait bon de rechercher si un produit intermédiaire $C^{40}H^{30}O$ ne précéderait pas $C^{40}H^{30}O^{4}$, et si dans les arbres très jeunes, qui sécrètent la térébenthine, on concentre ce carbone d'hydrogène seul, comme l'essence liquide de Bornéo, dans le *Dryabalanops camphora* qui n'a pas encore atteint son développement.

» Quant aux indications que l'on croirait pouvoir retirer de l'examen des produits de la *résinification* des essences en dehors de la végétation

à l'air, par exemple, elles seraient très vagues, et souvent même erronées. Je citerai comme preuve de cette assertion, l'essence de térébenthine.

» Abandonnée à la radiation solaire, elle se change peu à peu en une matière visqueuse qui ressemble à la térébenthine naturelle ou au galipot et qui donne par l'évaporation une matière tout-à-fait semblable par l'aspect et l'odeur à la colophane. Mais on aurait tort de confondre cette dernière matière avec elle, car je lui ai trouvé une composition différente. Elle est d'ailleurs accompagnée d'une essence liquide, *oxigénée*, qui prend naissance à l'air en même temps qu'elle, et qu'on ne trouve pas dans l'huile essentielle de térébenthine récente qui a été conservée dans des flacons bien fermés.

» Des observations précédentes, sur lesquelles j'insisterai davantage dans un autre Mémoire, il résulte bien évidemment que les résines qui proviennent de l'action lente de l'air atmosphérique sur les huiles essentielles ne doivent pas être confondues, sinon toujours, au moins dans certains cas, avec les résines qui prennent naissance dans l'acte de la végétation.

» Depuis long-temps les chimistes connaissent une combinaison d'acide hydro-chlorique et d'essence de térébenthine qu'on désigne improprement sous le nom de *camphre artificiel*. Cette substance n'a avec le camphre ordinaire d'autre rapport qu'une ressemblance d'odeur; sa composition est essentiellement différente, puisqu'il contient du chlore qui n'est pas un des éléments du camphre ordinaire. Jusqu'ici le camphre n'avait pas été obtenu par l'art. L'huile essentielle concrète du *Dryabalanops camphora*, à part son odeur, ne paraît pas avoir plus d'analogie avec le camphre, que toute autre essence oxigénée. Cette odeur seule lui a valu le nom de camphre, et en cela on a procédé comme pour les camphres artificiels de térébenthine et de citron.

» En faisant bouillir l'essence concrète de Bornéo avec de l'acide nitrique de force moyenne, on voit se dégager d'abondantes vapeurs rutilantes, tandis qu'un liquide d'un aspect oléagineux nage à la surface de l'acide. L'eau mise en contact avec cette espèce d'huile en précipite des flocons blancs, légers, amorphes, qui ont l'odeur du camphre ordinaire dans toute sa netteté. Rassemblés, lavés et fondus, ces flocons ont présenté tous les caractères du camphre des laurinées. Même composition, mêmes termes de fusion et d'ébullition, des deux côtés liquéfaction dans le gaz hydro-chlorique, absorption de la même quantité de cet acide, en un mot identité complète.

» Prend-on de l'acide nitrique à son *maximum* de concentration, et le

verse-t-on sur l'essence concrète de l'acide de Bornéo, aussitôt se manifeste un dégagement considérable de chaleur accompagné d'une grande quantité de vapeurs rutilantes. Pour éviter une explosion, il faut n'opérer que sur de petites quantités de matière. Dans ce cas, la formation du composé d'acide nitrique et de camphre ordinaire est pour ainsi dire cristallisée; avec l'acide nitrique peu concentré, il faut chauffer pour l'effectuer; à froid elle n'a lieu qu'avec beaucoup de lenteur. Dans tous les cas, la formation du camphre de Bornéo en camphre ordinaire est constamment accompagnée de vapeurs rutilantes, ou de deutoxide d'azote.

» Le camphre de Bornéo serait-il un mélange de camphre ordinaire et d'eau, ou de plusieurs autres matières indéterminées? ou bien serait-ce une combinaison définie dont le camphre ferait partie constituante?

» Sans sortir de l'expérience, on peut répondre négativement à la première question. Toutes les propriétés qui constituent une espèce chimique se retrouvent dans le camphre de Bornéo.

» Quant à la seconde question, celle de la préexistence d'une combinaison du camphre ordinaire dans l'essence concrète de Bornéo, il n'est guère possible de la résoudre d'une manière positive. Toutefois, je crois que rien n'autorise à adopter une telle manière de voir. Le camphre ordinaire se combine aux acides, non-seulement aux acides minéraux, mais encore à certains acides organiques, comme, par exemple, à l'acide camphorique. Mais comme l'acide nitrique que l'on fait réagir sur l'essence concrète de Bornéo ne produit pas moins des 96 centièmes de son poids de camphre ordinaire, il est impossible d'admettre que les 3 ou 4 centièmes de matière qui manquent représentent ce qu'il faudrait d'acide pour saturer le camphre. D'un autre côté, l'acide hydro-chlorique s'unit à l'essence concrète de Bornéo sans la liquéfier, et en chauffant la combinaison on en retire l'essence non altérée.

» Le camphre de Bornéo serait-il un hydrure de camphre ordinaire, de camphre des laurinés? Serait-il, par exemple, à ce dernier ce qu'est l'*indigo blanc* à l'*indigo bleu?* Rien n'autorise encore cette supposition; une foule de matières organiques produisent de l'acide oxalique quand on les traite par l'acide nitrique, sans qu'on ait songé pour cela à les considérer comme renfermant de l'acide oxalique.

» L'essence concrète de Bornéo contenant le carbone et l'oxigène dans les mêmes rapports que le camphre ordinaire, et ne différant de lui que par une proportion plus considérable d'hydrogène, on conçoit très bien que l'oxigène de l'acide nitrique porte son action déshydrogénante sur

l'excès d'hydrogène pour former de l'eau, et que le reste des éléments se réunisse pour produire du camphre ordinaire dont la combinaison avec l'acide nitrique offre une grande stabilité. Avec un agent énergique comme l'acide nitrique, il n'est pas nécessaire, pour se rendre compte de la présence du camphre dans le cas cité ci-dessus, d'en admettre la préexistence dans l'essence concrète de Bornéo.

» Dans un prochain Mémoire sur les huiles essentielles et leurs rapports avec les résines qui leur correspondent, j'aurai occasion de revenir sur le sujet que je viens seulement d'effleurer.

» Aujourd'hui j'ai surtout voulu communiquer à l'Académie le fait intéressant de la production artificielle du camphre ordinaire du commerce, d'un camphre identique avec celui qui existe dans le *Laurus camphora*.

» J'ajouterai, en terminant, que M. Biot a trouvé au *camphre* fait artificiellement un pouvoir de rotation qui marche dans le même sens et qui a la même intensité que celui du camphre ordinaire, et qu'il a ainsi donné à mes résultats un caractère de certitude tel, que personne, je l'espère, n'hésitera à les considérer comme définitivement acquis à la science. »

CHIMIE OPTIQUE. — *Expériences sur l'essence liquide qui m'a été remise par* M. **Pelouze**, *comme sécrétée par la plante jeune qui donne le camphre de Bornéo; par* M. **Biot**.

« Cette essence a été observée optiquement, à travers un tube de 78^{mm} de longueur, fermé par des disques de verre plans à faces parallèles, dépourvus d'action polarisante propre. Elle y paraissait sensiblement incolore. Elle déviait les plans de polarisation des rayons lumineux, vers la gauche de l'observateur, comme l'essence de térébenthine; mais avec une énergie notablement plus forte, ainsi que le prouvent les nombres ci-après rapportés.

» On a mesuré, à l'œil nu, l'azimut de déviation, où la teinte E de l'image extraordinaire était le violet bleuâtre, qui suit le bleu intense, et précède le rouge jaunâtre, dans l'ordre habituel des rotations. Cette teinte, extrêmement facile à reconnaître, répond alors à l'azimut moyen de déviation des rayons jaunes simples. On a trouvé ainsi cet azimut, égal à $-31°$ ↖. La densité de l'essence m'a été indiquée comme étant à fort peu près celle de l'essence de térébenthine ordinaire, purifiée par la distillation, mais très vraisemblablement un peu plus faible.

» Pour comparer cette déviation à celle que l'essence de térébenthine produit, dans les mêmes circonstances de densité et d'épaisseur, je prends les expériences qui ont été publiées dans le *Compte rendu des séances de l'Académie* pour le 6 juin 1836. La densité de l'essence observée n'y est pas indiquée; mais, comme elle avait été purifiée par la distillation, elle devait différer peu de 0,872. La longueur du tube d'observation était $341^{mm},6$. La teinte E, violet bleuâtre, observée à l'œil nu, s'y est montrée dans l'azimut de -119°. En réduisant ce nombre dans la proportion des épaisseurs, il en résulte que, pour une longueur de 78^{mm}, la déviation de la même teinte aurait été $-119^{\circ}, \frac{78}{314,6}$, ou $-27^{\circ},172$. Elle aurait été ainsi, notablement plus faible que celle de l'essence naturelle de Bornéo. Or, celle-ci, lorsqu'on l'observait, ayant eu une densité plutôt inférieure que supérieure à 0,872, comme on le verra tout-à-l'heure, sa rotation plus forte indique un pouvoir rotatoire spécifiquement plus énergique que celui de l'essence de térébenthine, et conséquemment lui assigne un état moléculaire différent.

» Quelques jours après cette première observation, M. Pelouze s'aperçut que son essence, contenue dans un flacon imparfaitement bouché, avait absorbé plusieurs fois son volume d'oxigène. Il me la remit, dans cet état, pour l'observer de nouveau optiquement. La déviation de la teinte E, violet bleuâtre, observée dans le même tube de 78^{mm}, se trouvait déjà diminuée et réduite à -92° au lieu de -31° qu'elle était primitivement. La densité, observée par M. Pelouze, avait augmenté. Elle était devenue alors 0,868. Cependant la déviation réduite -29°, excédait encore celle qu'aurait produite l'essence de térébenthine ordinaire. Cette seconde expérience, où la densité du liquide de Bornéo a été mesurée, s'accorde ainsi avec la première pour lui assigner un état moléculaire différent de celui de l'essence de térébenthine, telle qu'elle nous est habituellement connue.

» Cet affaiblissement de l'action rotatoire, en même temps que l'oxigène est absorbé, s'observe aussi avec l'essence de térébenthine ordinaire comme le prouve l'expérience suivante.

» J'ai tenu exposé, pendant plusieurs années, à la radiation solaire, deux flacons, remplis presque complétement avec une même essence de térébenthine qui avait été purifiée par la distillation, et dont le pouvoir rotatoire était par conséquent tel qu'on l'a rapporté plus haut. L'un des flacons,

que j'appellerai A, était soigneusement bouché à l'émeri, et n'a jamais été ouvert. L'essence qu'il renfermait est restée incolore. Il s'y est seulement formé, ou plutôt il s'en est séparé quelques gouttelettes d'un fluide incolore, et plus dense, qui paraissait être de l'eau. Du reste, elle n'a paru subir aucune altération. L'autre flacon, que je nommerai B, était imparfaitement fermé avec un bouchon de liége, que l'on a plusieurs fois enlevé pendant quelques instants, puis remis, pour donner un libre accès à l'air atmosphérique. Dans celui-ci, l'essence a progressivement changé d'aspect et de nature. Elle s'est partiellement colorée, et partagée en plusieurs couches d'inégales teintes, comme d'inégales densités; et les plus foncées étaient les plus denses. Après plusieurs années, on a ouvert le flacon, et ces couches ont été séparées par décantation. La supérieure, très abondante, était limpide et incolore. Je l'ai observée optiquement, et ne lui ai trouvé aucun pouvoir rotatoire appréciable. M. Frémy, qui l'a examinée, a reconnu que c'était de l'eau qui s'était formée ainsi chimiquement.

» J'ai observé de même la couche la plus dense, qui consistait en un liquide imparfait, très coloré en rouge jaunâtre et extrêmement visqueux, quoique bien limpide. Vu à travers un tube de 78^{mm}, il y paraissait d'un rouge foncé. La déviation du rayon rouge, observée avec soin, à travers cette épaisseur, s'exerçait vers la gauche, comme dans l'essence primitive, mais elle était réduite à $-9^{\circ},81$ ↖. Pour la comparer à celle de l'essence, il faut ramener celle-ci à la même espèce de lumière, ce qui se fait, en multipliant, par $\frac{23}{30}$, la déviation de la teinte E violet bleuâtre, observée à l'œil nu. On trouve ainsi que la déviation produite par l'essence primitive, sur le rayon rouge, aurait été $-\frac{23}{30}.27,172$, ou $-20^{\circ},838$ ↖ c'est-à-dire un peu plus que double de celle qu'exerçait la couche la plus dense du liquide épaissi, formé sous l'influence de l'air et de la radiation solaire. J'ai aussi observé, dans le même tube, l'action rotatoire de la couche modifiée, qui était moins colorée et moins dense que la précédente. Je l'ai trouvée notablement plus forte, mais encore beaucoup moindre que celle de l'essence primitive; la déviation du rayon rouge y était de -13° ↖. J'ignore si ce reste de pouvoir est propre aux combinaisons chimiques ainsi formées, ou s'il serait dû à une portion d'essence non modifiée, qui serait mélangée, ou combinée, avec une matière dépourvue d'action rotatoire. L'analyse chimique pourrait seule décider cette alternative. M. Pelouze a retiré, par la distillation de cette couche moins

dense, un liquide limpide et volatil, analogue par l'odeur à l'essence de térébenthine; et il me l'a donné à observer. Il exerçait un pouvoir rotatoire de même sens, mais plus faible que celui de la couche dont il provenait; de sorte que l'intensité en était aussi beaucoup moindre que dans l'essence primitive. D'après cela, il est vraisemblable que ce liquide ne préexistait pas, à l'état de mélange, dans la couche épaisse d'où on l'a retiré; mais qu'il s'est formé dans l'acte de la distillation. Quoi qu'il en puisse être, l'affaiblissement du pouvoir rotatoire par l'absorption de l'oxigène, dans ces divers produits, est tout-à-fait pareil à celui que cette même absorption a opéré dans l'essence naturelle de Bornéo.

» M. Pelouze m'a encore donné à observer deux produits, qui sont en relation intime avec les précédents.

» Le premier est un camphre solide, appelé aussi *camphre de Bornéo,* et qui est désigné dans le commerce comme étant retiré de la même plante que l'essence, ou naturellement sécrété par elle, mais à une époque plus tardive de sa vie.

» 4^{gr} de ce camphre ont été dissous dans 30^{gr} d'alcool rectifié. La solution, après avoir été filtrée, avait pour densité 0,8876. On l'a observée optiquement dans un tube long de $266^{mill.}$; elle y était complétement incolore. La déviation de la teinte E, violet bleuâtre, comptée depuis le point zéro de la polarisation directe, a été de $+9°,3 \nearrow$. Elle s'exerçait vers la droite de l'observateur, comme celle du camphre ordinaire des laurinées; mais elle était notablement moins énergique.

» Pour le prouver, je prends le pouvoir rotatoire de ce camphre tel qu'il a été rapporté dans les *Comptes rendus* de l'Académie, pour le 5 août 1839, lorsqu'on l'a appliqué aux expériences de M. Delalande. C'est aussi la même valeur qui est énoncée dans le tome XIII des *Mémoires de l'Académie;* mais le renvoi aux *Comptes rendus* de 1839 sera plus commode, parce qu'on y trouve les calculs tout préparés pour le cas spécial que nous examinons ici. Cherchant donc, par la formule exposée alors, quelle sera l'arc de déviation α' imprimé à la teinte E violet bleuâtre, par une solution alcoolique de camphre pur des laurinées, faite avec les proportions, et observée dans les circonstances que nous venons de décrire, on trouve pour sa valeur (1)

$$\alpha' = +47°,418\,\tfrac{4}{34}.2,66.0,8876 = +13°,171 \nearrow.$$

(1) Dans cette expression, 47°,418 désigne l'arc de déviation qui serait imprimé à

» Cette déviation étant beaucoup plus forte que celle qui a été produite par le camphre de Bornéo, dans les mêmes circonstances, il en résulte que le système total qui compose ce camphre, n'est pas constitué moléculairement, comme le camphre pur des laurinées.

» En serait-ce une modification chimique, ou une altération par simple mélange avec d'autres matières? Pour le savoir, M. Pelouze l'a traité par l'acide nitrique, que l'on sait n'altérer pas le camphre ordinaire. Il en a extrait ainsi un autre camphre, absolument semblable au camphre ordinaire pour l'aspect et toutes les propriétés chimiques, et il me l'a encore donné à observer.

» Une très petite quantité de ce produit, 2^{gr}, a été dissoute dans 15^{gr} d'alcool. C'était le même rapport de dosage que dans la solution précédente. Après avoir filtré celle-ci, sa densité a été 0,8713. Pour la ménager, on en a d'abord rempli un tube très fin, ayant pour longueur $99^{mil},5$ et on l'a observée ainsi; mais il en restait encore assez pour remplir un second tube plus fin, d'égale longueur, que l'on a placé à la suite de l'autre; ce qui a donné une épaisseur totale de 199^{mil}. Alors la déviation exercée sur la teinte E violet bleuâtre, a été $+9^\circ$ ↗ ; exactement double, mais plus certaine que celle qu'un seul tube avait donnée d'abord.

» Déjà ce résultat suffit pour montrer que le camphre extrait, ou formé ici par l'acide nitrique, est moléculairement autre que le camphre total de Bornéo. Car, produisant une déviation de 9°, pour une épaisseur de 199^{mil}, il en donnerait dans 266^{mil}, une proportionnellement plus forte, qui serait $+12^\circ,04$, laquelle surpasserait beaucoup la déviation produite par la solution précédente, quoique toutes deux aient été faites en mêmes proportions.

» Mais ce camphre, formé ou extrait par l'acide, est-il identique avec le camphre ordinaire des laurinées? Pour le savoir, il faut calculer la rotation α' que ce dernier aurait produite dans les mêmes circonstances. Or, par la méthode rappelée plus haut, on trouve pour cette déviation

$$\alpha' = +47^\circ,418 \cdot \frac{2}{17}\, 1,99 \cdot 0,871 = +9^\circ,67 \nearrow .$$

---

la teinte E, violet bleuâtre, par une épaisseur de $100^{mill.}$ de camphre des laurinées, réduite à la densité idéale 1. Les autres facteurs du produit sont, la longueur du tube d'observation, la densité de la solution, et la proportion de substance active qu'elle contient dans chaque unité de poids.

» Elle se trouve donc un peu plus forte que celle qu'a opérée lecamphre fourni par l'acide. Mais, outre les difficultés de déperdition que l'on a toujours à craindre en opérant sur des matières si volatiles, ce camphre extrait, ou formé, pourrait bien contenir quelque reste du système total à pouvoir rotatoire moindre dont il dérivait; et cette considération semble rendre très probable que ce second camphre se serait trouvé identique avec celui des laurinées, si l'on avait pu le rectifier parfaitement, et le séparer de tout mélange.

» Mais ce seul résultat, joint à l'analyse chimique, suffit pour établir une conséquence importante. M. Pelouze a retiré du camphre de Bornéo, 0,96 en poids de ce camphre plus actif, que nous venons ici d'examiner. Le reste du produit était de l'eau formée et un résidu d'acide, deux substances sans pouvoir rotatoire. Or, 0,96 de ce camphre extrait, étant associés par simple mélange à 0,04 de substances inactives, formeraient un système, dont le pouvoir rotatoire spécifique serait à celui du camphre des laurinées pur, comme 11,768 est à 13,137. Il serait conséquemment bien plus fort que celui du camphre de Bornéo, où le même rapport a été trouvé seulement comme 9,3 à 13,137. De là, on peut donc conclure que le camphre plus actif, retiré du camphre de Bornéo, n'y préexistait pas à l'état libre; et qu'il s'est formé chimiquement sous l'influence de l'acide nitrique, en abandonnant la quantité d'hydrogène qui a donné naissance à l'eau trouvée parmi les produits. Il serait maintenant très curieux, comme contre-épreuve, de chercher à hydrogéner le camphre des laurinées pour en refaire du camphre solide de Bornéo.

» Dans un travail lu, il y a huit ans à l'Académie, et inséré au tome XIII de ses Mémoires, j'avais prouvé, par des épreuves pareilles, que le camphre des labiées différait moléculairement de celui des laurinées, quoiqu'on l'eût jusque alors supposé le même, et que les analyses chimiques publiées lui eussent assigné la même composition. Depuis cette époque, une infinité d'expériences se sont accordées avec celles-là, pour montrer que des produits absolument identiques dans la nature et les proportions de leurs éléments chimiques, peuvent avoir des constitutions moléculaires très différentes. Les nouvelles épreuves que M. Pelouze m'a donné ici l'occasion de faire, confirment pleinement cette conclusion. Et en effet, si l'on considère la nature des procédés que l'analyse chimique emploie, on peut, je crois, montrer avec évidence que les proportions atomiques seules, ne peuvent pas donner des indices certains sur l'état moléculaire des corps; parce que les expériences dont ces proportions se déduisent sont généralement faites

dans des circonstances où les éléments moléculaires agissent simultanément et confusément. J'insiste sur cette remarque, parce qu'elle me semble faire voir l'origine des incertitudes, du vague, et souvent des erreurs, qu'ont présentés jusqu'ici la plupart des inductions que l'on a voulu tirer des proportions atomiques relativement à la constitution moléculaire des corps. »

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur les fonctions alternées qui se présentent dans la théorie des mouvements planétaires; par* M. AUGUSTIN CAUCHY.

§ Ier. *Considérations générales.*

« Concevons qu'à des variables représentées par

$$x,\ y,\ z,\ldots$$

on fasse respectivement correspondre d'autres variables représentées par

$$u,\ v,\ w,\ldots$$

Soient de plus

$$\mathrm{S},\ \mathrm{T},\ldots$$

des fonctions de ces deux espèces de variables, et posons généralement

$$(1)\qquad \left\{\begin{aligned}[\mathrm{S},\ \mathrm{T}] = {} & \mathrm{D}_x\mathrm{S}\,\mathrm{D}_u\mathrm{T} - \mathrm{D}_u\mathrm{S}\,\mathrm{D}_x\mathrm{T}\\ & + \mathrm{D}_y\mathrm{S}\,\mathrm{D}_v\mathrm{T} - \mathrm{D}_v\mathrm{S}\,\mathrm{D}_y\mathrm{T}\\ & + \mathrm{D}_z\mathrm{S}\,\mathrm{D}_w\mathrm{T} - \mathrm{D}_w\mathrm{S}\,\mathrm{D}_z\mathrm{T}\\ & + \text{etc.}\ldots\end{aligned}\right.$$

La fonction [S, T], qui changera de signe, quand on échangera entre elles les deux quantités S, T, sera ce qu'on peut appeler une fonction différentielle alternée de ces deux quantités. Cette fonction alternée jouira d'ailleurs de propriétés diverses dont plusieurs peuvent être établies avec la plus grande facilité. Ainsi, en particulier, on tirera immédiatement de l'équation (1)

$$(2)\qquad [\mathrm{T},\ \mathrm{S}] = -[\mathrm{S},\ \mathrm{T}],$$

et par suite, en posant $\mathrm{T}=\mathrm{S}$,

$$(3)\qquad [\mathrm{S},\ \mathrm{S}] = 0.$$

Ainsi encore, on déduira de l'équation (1) les propositions suivantes :

» 1er *Théorème.* Si deux variables correspondantes

$$x \text{ et } u, \quad \text{ou} \quad y \text{ et } v, \quad \text{ou} \quad z \text{ et } w, \ldots$$

ne se rencontrent pas simultanément, l'une dans S, l'autre dans T, l'on aura

$$(4) \qquad [S, T] = 0.$$

» *Corollaire.* On trouvera, par exemple,

$$[y, z] = 0, \quad [z, x] = 0, \quad [x, y] = 0,$$
$$[v, w] = 0, \quad [w, u] = 0, \quad [u, v] = 0,$$

et

$$[x, v] = 0, \; [x, w] = 0, \; [y, w] = 0, \; [y, u] = 0, \; [z, u] = 0, \; [z, v] = 0.$$

De même encore, si l'on pose

$$r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}, \qquad \omega = \sqrt{u^2 + v^2 + w^2},$$

on trouvera

$$[x, r] = 0, \quad [y, r] = 0, \quad [z, r] = 0,$$

et

$$[u, \omega] = 0, \quad [v, \omega] = 0, \quad [w, \omega] = 0.$$

Enfin, si l'on pose

$$V = wy - vz, \qquad V = uz - wx, \qquad W = vx - uy,$$

on trouvera

$$[x, U] = 0, \quad [y, V] = 0, \quad [z, W] = 0,$$

et

$$[u, U] = 0, \quad [v, V] = 0, \quad [w, W] = 0.$$

» 2e *Théorème.* Si S, T sont des fonctions de fonctions des variables

$$x, y, z, \ldots u, v, w, \ldots$$

si, par exemple, on suppose S, T exprimés en fonction de

$$L, M, \ldots,$$

L, M, ... étant des fonctions de

$$x,\ y,\ z,\ \ldots\ u,\ v,\ w,\ \ldots$$

on aura non-seulement

$$(5)\qquad [S, T] = [L, T]D_L S + [M, T]D_M S + \ldots,$$

mais encore

$$(6)\qquad [S, T] = [L, M][D_L S D_M T - D_M S D_L T] + \ldots$$

» *Démonstration.* Pour établir le deuxième théorème, il suffit évidemment de combiner l'équation (1) avec les formules connues

$$D_x S = D_L S\, D_x L + D_M S\, D_x M + \ldots,\ \text{etc.},$$
$$D_x T = D_L T\, D_x L + D_M T\, D_x M + \ldots,\ \text{etc.},$$

qui supposent S, T fonctions des quantités variables L, M, ... ces quantités elles-mêmes étant des fonctions de

$$x,\ y,\ z,\ \ldots\ u,\ v,\ w,\ \ldots.$$

» *Corollaire* 1er. Si, pour fixer les idées, on suppose

$$L = aL + bM + \ldots,$$

a, b, ... étant des quantités constantes, on trouvera

$$(7)\qquad [aL + bM + \ldots, T] = a[L, T] + b[M, T] + \ldots$$

On trouvera en particulier

$$[aL, T] = a[L, T],$$

par conséquent

$$(8)\qquad [aS, T] = a[S, T];$$

puis, en posant $a = -1$,

$$(9)\qquad [-S, T] = -[S, T].$$

Enfin, si l'on suppose

$$T = gP + hQ + \ldots,$$

P, Q, ... étant des fonctions de

$$x, y, z, \ldots u, v, w, \ldots$$

et g, h ... des quantités constantes, on tirera de la formule (7), ou bien encore de l'équation (6)

$$(10)\left\{\begin{array}{l}[aL + bM + \ldots, gP + hQ + \ldots] = ag[L, P] + ah[L, Q] + \ldots \\ \qquad\qquad\qquad\qquad\qquad + bg[M, P] + bh[M, Q] + \ldots \\ \qquad\qquad\qquad\qquad\qquad + \text{etc} \ldots\end{array}\right.$$

On trouvera par exemple

$$(11)\qquad [aL, gP] = ag[L, P],$$

et

$$[-L, -P] = [L, P],$$

par conséquent

$$(12)\qquad [-S, -T] = [S, T].$$

» *Corollaire* 2^{me}. Si l'on suppose

$$S = AL + BM + \ldots, \quad T = GP + HQ + \ldots,$$

A, B,... G, H,... étant ainsi que L, M,... P, Q,... des fonctions de

$$x, y, z, \ldots \quad u, v, w, \ldots$$

on tirera de la formule (5)

$$(13)\qquad \left\{\begin{array}{l}[AL + BM + \ldots, T] = A[L, T] + B[M, T] + \ldots \\ \qquad\qquad\qquad\qquad + L[A, T] + M[B, T] + \ldots,\end{array}\right.$$

et de la formule (6)

$$(14)\qquad \left\{\begin{array}{l}[AL + BM + \ldots, GP + HQ + \ldots] = AG[L, P] + \ldots \\ \qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad + AP[L, G] + \ldots \\ \qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad + LG[A, P] + \ldots \\ \qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad + LP[A, G] + \ldots.\end{array}\right.$$

Par exemple, en posant comme ci-dessus

$$U = wy - vz, \quad V = uz - wx, \quad W = vx - uy,$$

on trouvera

$$[S, U] = y[S, w] - z[S, v] + w[S, y] - v[S, z],$$

puis, en substituant successivement à S les six variables

$$x, y, z, u, v, w,$$

et ayant égard aux formules

$$[x, v] = 0, [x, w] = 0, [y, w] = 0, [y, u] = 0, [z, u] = 0, [z, v] = 0,$$
$$[x, u] = 1, \quad [y, v] = 1, \quad [z, w] = 1;$$

on obtiendra les équations

$$[x, U] = 0, \quad [y, U] = -z, \quad [z, U] = y,$$
$$[u, U] = 0, \quad [v, U] = w, \quad [w, U] = -v.$$

On trouvera de même

$$[x, V] = z, \quad [y, V] = 0, \quad [z, V] = -x,$$
$$[u, V] = -w, \quad [v, V] = 0, \quad [w, V] = u;$$

et

$$[x, W] = -y, \quad [y, W] = z, \quad [z, W] = 0,$$
$$[u, W] = v, \quad [v, W] = -w, \quad [v, W] = 0.$$

Enfin, si dans la formule

$$[U, S] = y[w, S] - z[v, S] + w[y, S] - v[z, S]$$

on remplace S par V, on trouvera

$$[U, V] = vx - uy = W,$$

et l'on établira de la même manière chacune des trois équations

$$[V, W] = U, \quad [W, U] = V, \quad [U, V] = W.$$

» *Corollaire* 3^me^. Si l'on suppose

$$S = \sqrt{L^2 + M^2 + \ldots}, \quad T = \sqrt{P^2 + Q^2 + \ldots},$$

on tirera de la formule (5)

$$(15) \qquad [S, T] = \frac{L}{S}[L, T] + \frac{M}{S}[M, T] + \ldots,$$

et de la formule (6)

$$(16) \qquad [S, T] = \frac{LP}{ST}[L, P] + \ldots.$$

Par exemple, en posant comme ci-dessus

$$r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}, \quad \omega = \sqrt{u^2 + v^2 + w^2},$$

on trouvera

$$(17) \qquad [r, S] = \frac{x}{r}[x, S] + \frac{y}{r}[y, S] + \frac{z}{r}[z, S],$$

et

$$(18) \qquad [\omega, S] = \frac{u}{\omega}[u, S] + \frac{v}{\omega}[v, S] + \frac{w}{\omega}[w, S],$$

ou, ce qui revient au même

$$(19) \qquad [\tfrac{1}{2}r^2, S] = x[x, S] + y[y, S] + z[z, S],$$

et

$$(20) \qquad [\tfrac{1}{2}\omega^2, S] = u[u, S] + v[v, S] + w[w, S].$$

De même encore, si l'on pose

$$K = \sqrt{U^2 + V^2 + W^2},$$

on trouvera

$$(21) \qquad [K, S] = \frac{U}{K}[U, S] + \frac{V}{K}[V, S] + \frac{W}{K}[W, S].$$

De ces diverses équations, jointes à celles que nous avons précédemment obtenues, on déduira immédiatement les suivantes :

$$[x, \omega] = \frac{u}{\omega}, \quad [y, \omega] = \frac{v}{\omega}, \quad [z, \omega] = \frac{w}{\omega},$$

$$[r, u] = \frac{x}{r}, \quad [r, v] = \frac{y}{r}, \quad [r, w] = \frac{z}{r},$$

$$[r, U] = 0, \quad [r, V] = 0, \quad [r, W] = 0,$$

$$[\omega, U] = 0, \quad [\omega, V] = 0, \quad [\omega, W] = 0,$$

$$[r, \omega] = \frac{ux + vy + wz}{\omega r},$$

$$[r, K] = 0,$$

$$[\omega, K] = 0,$$

$$[x, K] = \frac{Vz - Wy}{K}, \quad [y, K] = \frac{Wx - Uz}{K}, \quad [z, K] = \frac{Uy - Vx}{K},$$

$$[u, K] = \frac{Wv - Vw}{K}, \quad [v, K] = \frac{Uw - Wu}{K}, \quad [w, K] = \frac{Vu - Uv}{K},$$

$$[U, K] = 0, \qquad [V, K] = 0, \qquad [W, K] = 0.$$

§ II. *Des fonctions différentielles alternées, dans lesquelles les variables dépendent de la position et de la vitesse d'un point mobile.*

» Concevons que

$$x, y, z$$

représentent les coordonnées rectangulaires d'un point mobile, situé à la distance r de l'origine des coordonnées, et

$$u, v, w$$

les projections algébriques de la vitesse ω du même point, sur les axes des x, y, z. On aura

$$(1) \qquad r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}, \quad \omega = \sqrt{u^2 + v^2 + w^2}.$$

Si d'ailleurs on nomme

$$\delta$$

l'angle formé par la direction du rayon vecteur r avec celle de la vitesse ω, on aura encore

$$ux + vy + wz = \omega r \cos \delta,$$

par conséquent

$$(2) \qquad \frac{ux + vy + wz}{\omega r} = \cos \delta.$$

Cela posé, soit

$$(3) \qquad \mathrm{K} = \omega r \sin \delta$$

le moment de la vitesse ω. Le moment linéaire de cette vitesse sera une longueur représentée par le même nombre que le moment K, mais comptée à partir de l'origine, sur une droite perpendiculaire au plan qui renferme avec l'origine la direction de la vitesse; et, si l'on nomme

$$\mathrm{U}, \; \mathrm{V}, \; \mathrm{W},$$

les projections algébriques du moment linéaire K sur les axes rectangulaires des

$$x, \; y, \; z,$$

on aura

$$(4) \qquad \mathrm{U} = wy - vz, \quad \mathrm{V} = wz - wx, \quad \mathrm{U} = vx - uy,$$

$$(5) \qquad \mathrm{K} = \sqrt{\mathrm{U}^2 + \mathrm{V}^2 + \mathrm{W}^2}.$$

Or, si, dans la fonction alternée représentée par

$$[\mathrm{S}, \mathrm{T}],$$

on prend pour chacune des quantités S, T, soit l'une des quantités

$$r, \; \omega, \; \mathrm{K},$$

soit l'une de leurs projections algébriques

$$x, \; y, \; z, \quad u, \; v, \; w, \quad \mathrm{U}, \; \mathrm{V}, \; \mathrm{W},$$

on pourra obtenir en tout

$$12.11 = 132,$$

valeurs de [S, T], qui, prises deux à deux, seront égales, au signe près; par conséquent 66 valeurs numériques de [S, T] ou [T, S], qui seront immédiatement fournies par les formules du § I[er]. Parmi ces formules, les

quinze suivantes

$$
\begin{array}{llll}
(6) & [V, W] = U, & [W, U] = V, & [U, V] = W, \\
(7) & [r, U] = 0, & [r, V] = 0, & [r, W] = 0, \\
(8) & [\omega, U] = 0, & [\omega, V] = 0, & [\omega, W] = 0, \\
(9) & [z, U] = y, & [z, V] = -x, & [z, W] = 0,
\end{array}
$$

$$(10) \qquad [z, r] = 0,$$

$$(11) \qquad [z, \omega] = \frac{w}{a},$$

$$(12) \qquad [r, \omega] = \frac{ux + vy + wz}{ar},$$

suffisent à la détermination complète des fonctions alternées qui se présentent dans la théorie des mouvements planétaires. D'ailleurs, eu égard à l'équation (2), la formule (12) peut encore s'écrire comme il suit

$$(12) \qquad [r, \omega] = \cos \delta. \text{ »}$$

RAPPORTS.

ZOOLOGIE. — *Rapport sur les collections zoologiques recueillies par* M. **Adolphe Delessert**, *pendant un voyage de cinq ans dans les Indes-Orientales.*

(Commissaires, MM. Duméril, de Blainville rapporteur.)

« Il y a bientôt six ans que M. Adolphe Delessert, neveu de M. Benjamin Delessert, membre de cette Académie, poussé par son goût pour les voyages, la chasse, l'histoire naturelle, peut-être aussi dans la louable intention d'enrichir encore les riches collections botaniques de son oncle, si généreusement utilisées pour les progrès de la science, partit pour l'Inde, se proposant d'explorer cette chaîne de montagnes qui règnent le long de la presqu'île de l'Inde et dont les deux versants se terminent d'une part à la côte de Malabar et de l'autre à la côte de Coromandel, et surtout le plateau des Nilgherries. C'était une entreprise difficile pour un homme seul, quoique jeune et né dans les montagnes de la Suisse, dispendieuse pour un particulier, sans secours d'aucun gouvernement, et cependant M. Adolphe Delessert ne s'est pas rebuté de toutes ces difficultés.

Il a employé les cinq années qui ont suivi 1834 à son exploration, en ayant soin d'envoyer en dépôt chez son oncle à Paris, tous les objets qu'il avait successivement recueillis. En sorte qu'à son retour il a pu, ouvrant à la fois les caisses nombreuses qu'il avait envoyées, en former une riche collection sur laquelle, à sa demande, nous avons été chargés de faire un rapport à l'Académie. Quoique nous l'ayons visitée avec le plus grand intérêt lorsqu'elle était encore entière et parfaitement développée dans les vastes magasins de M. Benjamin Delessert, il nous serait absolument impossible d'entrer dans des détails assez circonstanciés pour en faire connaître toutes les particularités intéressantes, ce qui d'ailleurs serait aussi fastidieux qu'inutile pour l'Académie : nous nous bornerons donc à en faire ressortir les pièces capitales, ce qui nous sera d'autant plus facile, que M. Adolphe Delessert, suivant le généreux exemple de son oncle, a bien voulu enrichir les collections du Muséum de tous les animaux qui leur manquaient ou qui pourraient les compléter.

» Dans la classe des mammifères, nous n'avons remarqué que les espèces ordinaires dans cette partie de l'Inde, c'est-à-dire des Semnopithèques et des Macaques, et point de Malbrouck, que Buffon nous dit être originaire de la côte de Malabar, et que l'analogie porte à penser être au contraire d'Afrique, mais sur la patrie duquel la science ne possède encore rien de certain.

» Parmi les carnassiers, nous avons trouvé le Ratel de l'Inde que M. Adolphe Delessert a observé vivant; une grande espèce de Loutre voisine de la *L. compressicauda*, mais qui nous en a semblé distincte; un bel exemplaire de ce Chien rouge des Gattes, que M. Hogdson a nommé *C. primævus*, sans doute parce qu'il le regarde comme la souche de notre chien domestique, mais qui offre le singulier caractère de manquer de la petite arrière-molaire inférieure existante dans toutes les autres espèces de ce genre, sauvages ou domestiques; une Hyène rayée, ce qui prouve que cet animal est plus répandu qu'on ne pensait dans l'Inde, M. Sykes nous ayant déjà appris qu'elle existe communément dans le Dékan, où les habitants l'ont assez apprivoisée pour s'en servir comme de chien à la chasse; une jolie espèce d'Ecureuil palmiste qui nous semble nouvelle; le Sanglier sauvage de l'Inde que M. Dussumier nous avait apporté vivant, et sur lequel M. Delessert nous donne quelques détails de mœurs.

» Mais la pièce capitale, la plus remarquable, la plus intéressante sans aucun doute de la collection rapportée par M. Delessert, est ce grand et magnifique Bœuf des Gattes, que nous n'avions long-temps connu que d'a-

près un dessin envoyé par M. Duvaucel et publié par M. F. Cuvier, dans son ouvrage sur la Ménagerie du Muséum, mais que M. Hogdson a décrit d'une manière complète, il y a peu d'années dans les Mémoires de Calcutta. Les habitants du pays dans les forêts duquel il vit sauvage en troupeaux plus ou moins considérables, le nomment *Jungly-Gau*. M. F. Cuvier le désigne sous la dénomination de *Bos silhetanus* et M. Hogdson lui donne encore un autre nom, et croit même devoir en former un sous-genre, à cause de la forme de sa crête occipitale et surtout de la grande élévation du garrot produite par un singulier développement des apophyses épineuses des premières vertèbres dorsales, et nullement par une loupe graisseuse, comme dans le Zébu.

» M. Adolphe Delessert en a chassé et tué à grand'peine et avec beaucoup de fatigue trois individus, dont le plus beau, à notre choix, a été donné par lui au Muséum, où l'on peut le voir aujourd'hui monté, ne laissant plus de lacunes dans le genre *Bos* que celle formée par le Yak, *Bos grunniens* dont la queue sert d'étendard aux grands officiers turcs, et dont nos collections ne possèdent encore ni peau ni crâne. Mais pour se mettre à portée de juger combien le cadeau fait au Muséum est intéressant, il suffira de dire qu'un commerçant anglais nous a tout dernièrement offert les os du squelette d'un individu pour la somme de mille francs; tant il est difficile, à ce qu'il paraît, d'atteindre, et surtout de préparer et d'emporter la peau et les os d'un animal qui vit dans des montagnes élevées, escarpées, au milieu de bois fourrés et presque inaccessibles, obligé que l'on est de se faire accompagner par des Indous, pour lesquels ces animaux sont considérés comme sacrés.

» La classe des oiseaux, animaux en général plus faciles à atteindre par un habile chasseur, est, avec celle des insectes, celle qui forme la plus grande partie des collections rapportées par M. Delessert. En effet, le nombre total des individus ne monte pas à moins de cent, de toutes tailles, et dans un très bon état de conservation. Sans doute le plus grand nombre des espèces est connu, mais les ornithologistes en ont déjà signalé plusieurs qui étaient nouvelles et qu'ils ont déjà décrites; nous n'en avons cependant pas trouvé qui soient assez particulières pour mériter de former des genres nouveaux. Mais ce qui rend surtout cette collection fort intéressante, c'est que les pays, les hauteurs où chaque individu a été tué se trouvent soigneusement relatés dans les renseignements donnés par M. Delessert. Ainsi nous avons vu plusieurs oiseaux d'Europe dans ses collections, comme le Percnoptère, la Hulotte, ou *Strix flammea*, le

Milan, *Milvus ætolius;* la Cresserelle (*Falco tinnunculus*); l'Hirondelle de cheminée (*Hirundo rustica*); la Bécassine (*Scolopax gallinago*); la Cigogne (*Ciconia alba*), et beaucoup d'autres, ce qui se trouve parfaitement concorder avec le grand nombre d'espèces européennes existant dans la collection entomologique de M. Delessert, ainsi que l'a observé M. Duméril dans la partie de ce rapport qui lui appartient et que je vais lire en son nom.

ZOOLOGIE. — *Note sur les insectes qui font partie de la même collection; par* M. DUMÉRIL.

« Ces insectes sont en très grand nombre et appartiennent à tous les ordres de cette classe. Abstraction faite du nombre des individus, qui est considérable, il y a plus de 1000 espèces différentes dont un tiers au moins ont été recueillies pour la première fois et n'ont pas encore été décrites. M. Delessert a eu le soin de mettre à part toutes les espèces d'une même région, en indiquant, par une note, l'époque où elles ont été observées. Sous ce rapport cette collection présente un grand intérêt pour l'étude de la distribution géographique de ces animaux dans la partie de l'Inde que M. Delessert a visitée. Elle sera utile; car elle prouve qu'à des époques correspondantes pour la température, mais variables pour la position des lieux qu'il a visités, les mêmes espèces prises dans la plaine se retrouvent sur le plateau des Nilgherries à 8000 pieds au-dessus du niveau de la mer.

» Les espèces recueillies sur cette dernière région sont remarquables par leurs rapports avec celles de notre pays, dont quelques-unes sont absolument les mêmes; tandis que celles qui se sont trouvées sur le penchant de la montagne appartiennent à des genres tout-à-fait propres à l'Inde. Nous pourrions en citer un grand nombre parmi les coléoptères de toutes les familles et dans tous les autres ordres. C'est ce que nous indiquons ici en note pour les entomologistes (1).

---

(1) Parmi les insectes qui sont les mêmes que les nôtres nous citerons : *Coccinella 7-punctata*, *Vanessa cardui*, *Polyommatus bœticus*, et parmi les genres propres à l'Inde : *Ornithoptera sternocera*, *Chrysis; Fulgora Delessertii*, *macrognatha*, *flavo maculata; Mylabris sidæ*.

En parcourant les espèces les plus remarquables des Nilgherries, nous citerons la magnifique Cicindèle décrite par M. le comte Dejean sous le nom d'*Auro-fasciata*, et

» Les insectes de Pondichéry, ceux que M. Delessert s'est procurés sur la côte malaise, à Malaca, à Singapore, etc., offrent aussi un grand intérêt, et les espèces, sans compter les individus, sont au nombre de plus de 600.

» Cette collection est précieuse; elle prouve un grand zèle et une grande activité de la part de ce voyageur, qui a pu réunir tant d'objets divers dans toutes les parties de l'Histoire naturelle. »

Suite du Rapport de M. DE BLAINVILLE.

« La classe des animaux mollusques, mais surtout leurs coquilles n'ont pas été négligées par M. Adolphe Delessert; sa collection est riche aussi bien en coquilles marines recueillies en un assez grand nombre d'endroits différents, depuis Singapore jusqu'aux Séchelles et à Madagascar, qu'en coquilles terrestres. C'est même parmi celles-ci, dans le genre des Hélix, qu'il y en a un plus grand nombre de nouvelles; une d'elles, voisine de l'Hélix de Quimper, est même parvenue en France avec l'animal vivant, et pourrait, si plusieurs individus se trouvaient dans le même cas, offrir un nouvel exemple d'espèces animales de contrées fort éloignées transportées par le fait de l'homme dans des lieux tout différents de celui dont il était originaire.

» Nous avons déjà fait observer que pour la très grande partie des objets de sa collection, M. Adolphe Delessert a soigneusement noté les lieux et

---

a variété que M. Gory a nommée *Lepida*; un *Helluo* décrit par M. Guérin-Menneville sous le nom de *H. maculatus*; une très grande espèce de Tourniquet décrite par le même comme genre nouveau, *Orectochilus semi-vestitus*; de très beaux Buprestes et Taupins, des *Lyques*, *Téléphores* et *Lampyres* dont la femelle de l'un de ces derniers a plus de 4 centimètres de longueur.

Dans la famille des Lamellicornes, nous avons remarqué un *Ateuchus* nouveau, sept à huit *Ontophages*, des *Euchlores*, une très belle et grande espèce de Popilie, beaucoup de Mélolonthes, de Cétoines, parmi lesquelles le *Goliathus Delessertii*; une grande femelle de Lucane (*Gazella*), ainsi que beaucoup de Charançons remarquables par leurs formes bizarres et les couleurs les plus brillantes; de même que dans la famille des Capricornes un *Gnoma*, des *Saperdes*, des *Clytes*, etc., ainsi que les plus belles Chrysomèles, Cassides et Coccinelles.

Parmi les Orthoptères, des Blattes, des Gryllons, puis des Fulgores, des Libellules et surtout un très grand nombre de très beaux Lépidoptères dont la patrie était encore peu connue, quoique quelques-uns soient à peu près les mêmes que ceux de notre France.

les circonstances dans lesquels il les a recueillis ; nous avons parlé de ses remarques sur les habitudes du Ratel, et nous aurions pu parler également de celles qu'il a faites sur les mœurs du Pangolin, animal qui n'est jamais venu vivant en Europe. Il paraît cependant que ses observations ne lui ont pas paru assez nouvelles pour en faire le sujet d'un ouvrage à la manière d'Obsonville, ce qui est peut-être à regretter.

» Toutefois le dévouement que M. Adolphe Delessert a montré dans une entreprise qui a duré cinq à six ans, la manière sans prétention avec laquelle il en a présenté les résultats à l'examen et à l'étude des zoologistes, et surtout la noble générosité qui l'a porté à offrir au grand dépôt des êtres naturels le choix des objets qui pourraient y manquer, nous a paru mériter d'être pris en grande considération. En conséquence, nous proposons d'adresser à M. Adolphe Delessert des remercîments pour les matériaux intéressants qu'il a fournis à la zoologie par une persévérance courageuse et une générosité dignes du nom qu'il porte. »

Les conclusions de ce Rapport sont adoptées.

PALÉONTOLOGIE. — *Rapport sur deux Mémoires de* M. PUEL, *intitulés : l'un, « Sur le Renne fossile, et en particulier sur les débris de cet animal trouvés dans le département du Lot » ; l'autre « Sur des ossements fossiles de Mammifères et d'oiseaux trouvés dans le département du Lot, au mois de septembre* 1837. »

(M. de Blainville, rapporteur.)

« Depuis que la Géologie a pris le caractère qui seul lui convenait pour devenir une véritable science, c'est-à-dire depuis le moment où les géologues ont senti que l'étiologie des particularités qu'offre l'écorce de notre globe devait conduire à ce but beaucoup mieux que toutes les coupes de terrains le plus minutieusement mesurées et analysées dans leur composition minéralogique, la paléontologie, ou l'étude des traces que les corps organisés ont laissées dans le sein de la terre, a pris une consistance et une extension que l'on était assez loin de prévoir, et qui tous les jours s'accroît encore en prenant un caractère moins hasardé et de plus en plus rationnel. L'Académie en verra une nouvelle preuve dans deux Mémoires que lui a adressés M. Puel, jeune étudiant en médecine, l'un sur le Renne fossile, l'autre sur les ossements qu'il a trouvés mêlés avec ceux de cet animal, dans une sorte de caverne ou de grande faille du calcaire juras-

sique dans le département du Lot; Mémoires qui ont été renvoyés à notre examen.

» Guettard, que l'on est toujours obligé de citer comme le premier naturaliste qui ait senti l'importance de la paléontologie, et qui ait cherché à distinguer les espèces fossiles entre elles et des espèces vivantes, et cela dans les animaux vertébrés aussi bien que dans les animaux invertébrés, est aussi celui qui, le premier, a reconnu des ossements de Renne dans un diluvium des environs de Chartres, en les rapportant, convenablement pour l'époque, à l'espèce actuellement vivante dans les régions arctiques. C'est ce qui fut aisément confirmé par M. G. Cuvier aussitôt que, par suite de ses travaux sur les ossements fossiles de quadrupèdes, il fut arrivé à s'occuper des Ruminants. Cependant il ne crut pas devoir assurer positivement qu'il y avait identité d'espèce entre le Renne fossile en France et le Renne vivant en Laponie. Aussi considéra-t-il le premier comme une espèce fossile de cerf très voisine du Renne.

» Dans la seconde édition de son ouvrage, en 1825, et quoiqu'il eût en sa possession de nouveaux ossements de Renne trouvés dans la caverne de Brengues et qui lui avaient été envoyés par M. Delpon, alors préfet du Lot, et que ces ossements fussent peut-être plus caractéristiques que ceux des environs de Chartres; cependant, tout en insistant sur quelques différences véritablement peu importantes, il les trouvait lui-même trop légères pour mettre un terme à ses doutes.

» Les fragments de bois de Renne trouvés dans les terrains meubles du val d'Arno, avec des restes d'Éléphants et d'autres animaux; ceux d'Auvergne, cités par MM. Bouillet et Devèze de Chabrial dans leur ouvrage sur les environs d'Issoire, ne pouvaient pas encore lever ces doutes. Mais M. Schmerling, dans ses recherches sur les ossements fossiles dans les cavernes des environs de Liége, et quoiqu'il n'y eût rencontré qu'un petit fragment d'un bois de cette espèce de Cerf, pensa qu'une particularité fort peu importante au fond, comme le fait justement remarquer M. Puel, suffisait pour décider la question, et le Renne fossile fut regardé par lui comme différent spécifiquement du Renne actuel.

» Cette opinion fut aussi celle à laquelle M. de Christol fut conduit en étudiant des ossements fossiles de Renne trouvés dans le midi de la France, et plus importants, puisqu'ils consistaient en fragments de la tête et des mâchoires. Aussi s'appuya-t-il sur la considération de la branche montante de l'os incisif qui, dans le fossile, monterait jusqu'aux os du nez, ce qui n'a pas lieu chez le Renne vivant, et sur l'absence de canines dans

le premier, tandis qu'elles existent constamment dans le second, arguments que M. Puel n'accepte pas comme concluants, d'après les observations mêmes de M. de Christol.

» M. Marcel de Serres, qui eut aussi l'avantage d'avoir à sa disposition des ossements fossiles de Renne trouvés dans une caverne à ossements des environs de Villefranche, département de l'Aveyron, sembla aussi être convaincu encore plus qu'ils ne pouvaient avoir appartenu au Renne actuel, puisqu'il en forme même un genre sous le nom de *Procervus caribœus.*

» Au fait, quoique tous les éléments que la science possédait alors fussent, suivant nous, parfaitement suffisants pour résoudre la question, l'opinion régnante généralement alors étant que les espèces animales dont on trouve des restes dans le diluvium et l'alluvium, différent de celles qui sont actuellement vivantes, on voit comment le Renne fossile devait être considéré comme différent spécifiquement du Renne vivant.

» C'est dans cet état de choses que M. Puel s'étant trouvé dans les circonstances les plus favorables pour explorer la caverne ou mieux la faille de Brengues, dans le département du Lot, arrondissement de Figeac, a pu en retirer un si grand nombre d'ossements de Renne et de toutes les parties du squelette, qu'il ne craint pas d'affirmer qu'il serait possible d'en construire un tout entier.

» Cette prétendue caverne n'est réellement, suivant M. Puel, qu'une sorte de puits vertical de 2 mètres de largeur, et terme moyen, de 18 de profondeur, ouvert dans les assises supérieures d'un calcaire jurassique dont le plateau est à 150 mètres au-dessus du niveau de la rivière qui coule au pied du village de Brengues.

» Le nombre total des os ou fragments d'os qu'il possède actuellement, et qu'il a mis en grande partie sous les yeux de vos Commissaires, ne monte pas à moins de 600, provenant d'au moins 12 ou 15 individus, puisqu'il a pu compter 13 humérus ou fragments d'humérus d'un même côté, parmi lesquels il y en a autant à peu près d'individus adultes que de jeunes, tous dans un parfait état de conservation et recouverts ou enveloppés d'une terre argileuse rougeâtre, sans altération de quelque nature que ce soit, pathologique ou non.

» Ce grand nombre de pièces, parmi lesquelles s'en trouvent un certain nombre de tout-à-fait décisives, et entre autres plusieurs fragments de bois, ainsi qu'un crâne assez complet pour offrir la particularité la plus caractéristique de celui du Renne actuel, savoir l'étroitesse du pariétal ainsi que

l'espace circulaire occupé par les bois, a permis à M. Puel d'acquérir la certitude et de pouvoir démontrer que l'espèce fossile est rigoureusement la même que celle qui vit encore aujourd'hui, reculée dans les parties les plus septentrionales d'Europe, d'Asie et d'Amérique, en ayant égard, pour expliquer rationnellement les nuances différentielles que l'on peut remarquer entre les mêmes pièces du squelette, à l'observation fort juste que les sexes ont, comme l'âge et des circonstances individuelles, une influence manifeste sur ces variations.

» M. Puel a encore confirmé un fait intéressant qui se trouve consigné dans le second Mémoire qu'il a soumis au jugement de l'Académie; savoir, que, avec des ossements fossiles d'animaux encore vivants, et absolument dans les mêmes circonstances géologiques, s'en trouvent qui ont appartenu à des espèces généralement regardées comme éteintes, ou qui n'existent plus dans nos climats.

» Ainsi dans cette grande faille de Brengues, et enveloppés également dans la même argile rougeâtre, M. Puel a trouvé et parfaitement reconnu des fragments de vertèbres, de mandibules, d'humérus, de radius, de cubitus, fémurs, tibias de Lièvre, des fragments de têtes et de mâchoire avec les dents du Campagnol, des dents molaires et incisives du Cheval, avec des os du tronc et des membres de cette espèce et de l'Ane, quelques os peu importants du Rhinocéros, un très grand nombre de fragments du squelette du Bœuf sauvage ou de l'Aurochs, ainsi que d'une grande espèce de Cerf de la taille du cerf du Canada, et enfin des os de la Pie et de la Perdrix, parmi les oiseaux; mais jamais, ajoute M. Puel, il ne s'en est rencontré, pas même une dent, qui ait appartenu à un mammifère carnassier.

» Scrutant ensuite la nature de la gangue dans laquelle sont contenus les ossements fossiles de la caverne de Brengues, M. Puel montre que si l'argile rougeâtre qui en fait le fond contient un assez grand nombre de fragments de roches calcaires voisines, elle en renferme aussi de roches plus éloignées, et cite même quelques petits cailloux roulés de quartz et de granitoïde, ce qui lui fait espérer qu'on pourra trouver la direction du courant qui a rempli la fente de Brengues.

» C'est donc un nouveau sujet de travail. La sagesse et la sagacité avec lesquelles M. Puel a procédé dans ses investigations ostéologiques et géologiques nous faisant espérer que des fouilles ultérieures ne seront pas sans résultats avantageux, nous proposerons à l'Académie d'adresser à M. Puel des remercîments pour sa communication, et de l'engager à continuer ses recherches. »

Les conclusions de ce Rapport sont adoptées.

NOMINATIONS.

L'Académie procède, par voie de scrutin, à la nomination d'un membre de la *Commission administrative*, en remplacement de M. Beudant, dont l'année est expirée, et qui peut être réélu. Le nombre des votants est de 30.

M. Beudant réunit 26 suffrages.

MM. Boussingault, Lacroix, Chevreul et de Mirbel, en obtiennent chacun 1.

M. Beudant, en conséquence, est déclaré membre de la Commission administrative pour le dernier semestre de 1840 et le premier de 1841.

L'Académie procède, également par voie de scrutin, à la nomination d'une Commission chargée de l'examen des pièces adressées au concours pour le *Prix de Mécanique* de la fondation Montyon.

MM. Poncelet, Gambey, Coriolis, Piobert, Savary, réunissent la majorité des suffrages.

L'Académie procède ensuite, toujours par voie de scrutin, à la nomination d'une Commission chargée de décerner la médaille de Lalande.

MM. Arago, Mathieu, Bouvard, Savary, Damoiseau, réunissent la majorité des suffrages.

MÉMOIRES LUS.

MINÉRALOGIE. — *Recherches relatives à la cristallisation, considérée sous les rapports physiques et mathématiques*, 1re partie. *Sur la structure des cristaux, et sur les phénomènes physiques qui en dépendent; par* M. **Delafosse**. (Extrait par l'auteur.)

(Commissaires, MM. Al. Brongniart, Cordier, Beudant.)

« Il est peu de questions qui offrent en ce moment un intérêt plus vif et plus général, que celles qui ont trait à la connaissance exacte de la constitution moléculaire des corps. De tous côtés, les physiciens et les chimistes multiplient à l'envi les recherches, et épuisent tous les moyens d'investigation que la science leur fournit, sinon pour atteindre complétement ce but, du moins pour essayer de jeter quelque lumière sur l'un

des points les plus importants et les plus mystérieux de la philosophie naturelle. Les géomètres, depuis l'heureux changement qu'ils ont opéré dans la direction de leurs travaux, en renonçant à considérer les corps comme des masses continues, pour ne plus voir en eux que des assemblages de molécules distinctes, cherchent aussi à contribuer de tous leurs moyens au succès de cette tentative; et l'on est en droit d'attendre de ce concours universel les résultats les plus favorables aux progrès de la physique moléculaire.

» La cristallographie, qui a déjà été si utile à l'avancement de cette partie de la science, ne doit pas cesser de tendre au même but; car les faits dont elle s'occupe semblent par leur nature même devoir y mener par une route plus directe et plus sûre. Mais pour que ses efforts ne soient pas désormais infructueux, il est nécessaire qu'elle envisage son sujet sous de nouvelles faces, et qu'elle ne borne plus l'étude des cristaux à l'observation de leurs formes extérieures, et à la détermination de leurs rapports purement géométriques; il faut qu'elle étende le champ de ses recherches, en poursuivant, s'il est possible, la connaissance de la structure interne au-delà du point où Haüy s'est arrêté, et où cet illustre savant, trompé par une fausse hypothèse, avait cru voir une limite que sa théorie ne devait pas franchir.

» La structure, telle que nous l'envisageons ici, nous paraît être le caractère de première valeur dans les cristaux, celui qui domine tous les autres. La forme extérieure, qui jusqu'à ce jour a eu le privilége d'absorber toute l'attention des cristallographes, n'est pour nous qu'un caractère secondaire, dont toute l'importance résulte de ce qu'il est toujours subordonné dans ses modifications aux lois de la structure interne et de la constitution moléculaire du corps cristallisé. Il en est absolument de même des autres propriétés physiques, qui se montrent soumises à l'influence de la cristallisation. Toutes sont également propres à traduire extérieurement les modifications qu'éprouve en divers sens la structure interne, et par conséquent toutes doivent être mises en ligne de compte, lorsqu'il s'agit de déterminer rigoureusement la constitution intime d'un milieu cristallisé.

» Si la loi de la structure moléculaire d'un cristal était donnée *à priori*, ou, si par un moyen quelconque on parvenait à connaître le véritable type de sa molécule, sinon d'une manière absolue, du moins dans ses caractères essentiels (comme dans le nombre, les dimensions et les positions relatives de ses axes principaux); qu'en outre on pût assigner dans la masse

cristalline les directions pour lesquelles l'arrangement moléculaire varie, et celles où la distribution des molécules redevient la même, on aurait certainement par-là une idée exacte de la symétrie qui caractérise le milieu cristallisé, et l'on serait en état de prédire celle qu'un observateur habile pourrait découvrir dans les modifications des propriétés physiques, celle-ci devant évidemment se modeler sur la première.

» Mais, s'il existe une telle dépendance entre la nature intime du milieu cristallisé et cette symétrie extérieure, qui se manifeste dans les variations de chaque propriété physique, ne doit-il pas être possible de conclure de l'une à l'autre, et par une analyse exacte et une discussion approfondie de tous les phénomènes secondaires, de remonter jusqu'au fait primitif dont ils dérivent? Oui, sans doute, pourvu toutefois que dans cette analyse on n'omette aucune circonstance importante; aucune des conditions essentielles du problème à résoudre. Or, sous ce rapport, les théories cristallographiques les plus complètes laissent beaucoup à desirer; et bien que celle de notre illustre maître, l'abbé Haüy, pénètre plus profondément qu'aucune autre dans la nature des cristaux, elle a besoin elle-même d'être amendée en quelques points, non-seulement pour pouvoir s'accorder avec tous les faits connus, mais encore pour se prêter à des développements ultérieurs.

» Le premier changement que nos recherches nous conduisent à faire à cette théorie, consiste à établir une distinction entre ce que l'on appelle la molécule intégrante d'un cristal, et la molécule proprement dite de sa substance matérielle. Tant que l'on considère la molécule, ou mieux la particule intégrante, comme représentant l'un des éléments de la structure mécanique et géométrique du cristal, et non pas nécessairement l'élément atomique de la substance elle-même, on peut dire que son existence est incontestable, du moins pour tous ceux qui se placeront, comme nous le faisons ici sans scrupule, au point de vue de la physique moléculaire. Mais sa réalité n'est pas celle que Haüy a cru pouvoir lui attribuer, en la confondant avec la molécule du corps, et il importait avant tout de ramener cet élément du cristal à sa véritable signification.

» Après avoir rappelé les conséquences qui découlent naturellement du phénomène du clivage, et montré que dans l'intérieur du cristal les molécules sont espacées symétriquement, de manière à présenter dans leur ensemble une sorte de configuration en quinconce, ou plus exactement l'image d'un réseau continu à mailles parallélépipédiques, je fais voir que la molécule intégrante d'Haüy n'est rien autre chose que le plus petit des parallélépipèdes

que forment entre elles les molécules voisines, et dont elles marquent les sommets; ou, si l'on veut, elle n'est que la représentation des petits espaces intermoléculaires, ou des mailles du réseau cristallin. Elle est donc parfaitement distincte de la molécule physique, qui peut avoir et qui a souvent, en effet, une tout autre forme. Cette dernière est le véritable élément atomique du corps, à part toute considération d'état cristallin : la particule intégrante n'est que l'élément de sa structure géométrique, quand il s'offre sous cet état particulier et accidentel; elle ne précède point, comme l'autre, l'acte de la cristallisation, mais elle en est le produit, et n'a d'existence que dans le cristal tout formé. Cette distinction est d'autant plus importante, que dans un grand nombre de substances les véritables molécules ont, comme nous le disions tout-à-l'heure, un type très différent de celui qu'Haüy leur assigne. C'est ainsi que nous croyons avoir établi dans ce Mémoire, que le type moléculaire a tous les caractères d'une forme tétraédrique, dans beaucoup de cas où ce savant admet la forme cubique, tandis que c'est le contraire qui a lieu dans la plupart de ceux pour lesquels il adopte la forme du tétraèdre. Sa théorie de la structure est donc incomplète, en ce qui concerne la forme des molécules, et elle laisse un libre champ aux recherches que nous nous proposons d'entreprendre pour la détermination de cet important caractère.

» Ce premier changement fait à la théorie d'Haüy, en entraîne un autre d'une valeur non moins grande, non-seulement parce qu'il facilite l'extension de la théorie, mais encore parce qu'il fait disparaître tout d'abord une difficulté sérieuse, qui a fort embarrassé les cristallographes, et qui n'a jamais été résolue par eux d'une manière satisfaisante. Je veux parler de ces prétendues exceptions à la loi de symétrie, regardées comme des anomalies constantes dans certaines espèces, telles que la pyrite, la boracite, la tourmaline, le quartz, l'hépatite, etc.

» De telles anomalies paraîtront tout-à-fait inadmissibles, si l'on considère que la loi de symétrie, cette loi fondamentale de la cristallographie qui règle les variations de la forme, n'est au fond qu'un axiome de physique, et qu'en cette qualité elle ne saurait faillir. N'est-il pas plus naturel de penser que dans certaines espèces on a fait une fausse application de cette loi, en se méprenant sur la nature des parties auxquelles on a accordé la même valeur? Il ne suffit pas de dire, en effet, que les parties extérieures d'un cristal qui sont identiques, doivent toujours se modifier semblablement; il faut, avant tout, examiner l'état réel de ces parties et les conditions qui déterminent leur similitude; il faut commencer par faire une énumération

complète de celles qui sont identiques et de celles qui ne le sont pas, et, pour cela, il importe de ne pas se tromper sur les caractères auxquels l'identité doit se reconnaître.

» Or, la définition donnée par Haüy des parties identiques est inexacte, parce qu'elle est incomplète; elle n'admet pour l'identité qu'une seule condition, une condition purement géométrique, savoir, la ressemblance de forme. Mais un cristal n'est pas une simple forme polyédrique et abstraite; c'est un corps matériel qu'on ne peut pas dépouiller entièrement de ses propriétés physiques, lorsqu'il s'agit surtout d'interpréter un phénomène qui dépend uniquement des lois physiques auxquelles la matière obéit. Et s'il arrive (comme cela est en effet, d'après les preuves que j'apporte dans ce Mémoire) que deux parties d'un cristal, géométriquement semblables, aient d'ailleurs des structures ou constitutions moléculaires différentes, on ne plus dire dans ce cas, qu'elles sont en tout point identiques.

» Il faut donc compléter la définition donnée par Haüy, en ajoutant que les parties déjà semblables de forme, doivent l'être de plus *physiquement*, en sorte que l'identité absolue comporte deux conditions, l'une physique, et l'autre géométrique. Alors, toutes les fois que la loi de symétrie paraîtra en défaut aux yeux de ceux qui ne tiendraient compte, comme par le passé, que de l'identité de formes des parties modifiées, il y aura lieu d'examiner si ces parties ne cacheraient pas, sous cette ressemblance extérieure, des propriétés physiques différentes. C'est pour avoir omis de prendre en considération ces différences physiques que les cristallographes ont cru si facilement à l'existence de ces anomalies dont nous avons parlé. Ils n'ont pas vu que ce qu'ils prenaient pour une exception était la véritable symétrie, commandée par la nature même du corps, mais une symétrie différente de celle à laquelle ils s'attendaient, parce qu'ils avaient jugé identiques des parties qui ne l'étaient pas.

» Le point de vue nouveau que j'expose en ce moment, me paraît avoir de l'importance sous le double rapport de la cristallographie et de la physique générale. Il intéresse la première de ces sciences, en ce qu'il nécessite, comme nous le verrons, une autre définition du système cristallin, et une classification plus exacte des systèmes existants; il intéresse la physique générale en ce qu'il donne la clé de plusieurs propriétés particulières à certains cristaux (telles que l'électricité polaire des boracites et tourmalines, la polarisation circulaire du quartz); et en ce qu'il rend compte en même temps de quelques variations dans les propriétés générales, qui, jusqu'à ce jour, sont restées sans explication. On sent bien, en effet, qu'il doit exister

une relation intime entre les propriétés physiques des cristaux et leur structure moléculaire; mais parce que jusqu'ici, dans la recherche des lois de ces propriétés, la comparaison a toujours été établie directement avec la forme et non pas avec la structure, je ferai voir que quelques-unes de celles auxquelles on est arrivé par cette voie, nécessitent des restrictions, parce qu'elles ne sont que l'exagération d'un fait, qui n'est vrai que dans un certain degré de généralité.

» Après ces développements préliminaires, j'aurais pu procéder immédiatement, et d'une manière méthodique, à l'examen que je me propose de faire des lois fondamentales de la cristallisation, au double point de vue de la physique et de la géométrie; mais pour mieux établir l'importance des changements que j'apporte aux idées généralement reçues, et pour démontrer l'utilité de nouvelles recherches plus exactes et plus profondes sur la structure des cristaux, je me suis borné dans ce premier Mémoire à essayer en quelque sorte la valeur des principes que je viens d'exposer, en les appliquant à plusieurs espèces minérales, choisies de préférence parmi celles qui sont depuis long-temps connues, et dont l'histoire, par les nombreux travaux auxquels elles ont donné lieu, semblerait devoir être complétement achevée. En voyant ce qu'il est possible d'y ajouter encore, et quelle lumière rejaillit de l'étude de la structure sur des faits jusqu'à présent mal appréciés ou demeurés sans explication, on jugera, je l'espère, de l'intérêt qu'il peut y avoir, soit pour la minéralogie, soit pour la physique générale, à se livrer à de pareilles recherches.

» Les espèces minérales que je passe en revue successivement, sont: la *boracite*, la *tourmaline*, la *pyrite commune*, le *quartz* et le *béryl*. Parmi les résultats qui les concernent, et qui sont développés dans mon mémoire, je me bornerai à indiquer ici les suivants. — Pour chacune des espèces que j'ai citées, je détermine la forme et la symétrie du groupe atomique qui constitue sa molécule, de telle manière que cette détermination s'accorde avec l'ensemble des données fournies par l'étude des diverses propriétés physiques; et je fais voir que ce qu'il y avait de singulier dans quelques-uns de ces phénomènes, s'explique tout naturellement par l'admission d'un mode de structure, que sa grande simplicité d'ailleurs rend très vraisemblable. Ainsi, par exemple, dans la boracite et la tourmaline se rencontrent, comme chacun le sait, deux faits remarquables, l'électricité polaire, et une sorte d'hémimorphisme, dans lequel les cristallographes ont prétendu voir un défaut de symétrie. Frappé de la concomitance assez fréquente, quoique non générale, des deux phénomènes, Haüy a cru qu'il pouvait

expliquer l'un au moyen de l'autre, et il est parvenu ainsi à sauver la difficulté, au moins en apparence, en la renvoyant du cristallographe au physicien. Je prouve, par l'étude de la structure de la boracite, que ces deux phénomènes n'ont point entre eux la relation de cause à effet, que Haüy leur suppose, mais qu'ils sont tous deux des conséquences d'un même fait primitif qui a échappé à ce cristallographe, savoir, d'un mode tout particulier de structure, qui paraît appartenir jusqu'à présent à un petit nombre de substances naturelles.

» Les traits caractéristiques de cette structure consistent : 1° en ce que la symétrie des molécules, qui toujours se reproduit exactement dans celle des cristaux eux-mêmes, n'est point ici cette symétrie bilatérale des formes prismatiques, que l'on rencontre dans la plupart des cristallisations connues, mais bien celle des formes pyramidales à axes unipolaires ; 2° en ce que les molécules, qui dans la boracite peuvent être regardées comme des tétraèdres réguliers, sont disposées entre elles de manière, que dans chacune des files qui correspondent aux quatre axes diagonaux ou axes électriques, elles tournent leurs pointes vers une extrémité, et leurs bases vers l'autre ; d'où résulte une sorte de polarité dans les sommets opposés du cristal, qui évidemment ne se trouvent point dans les mêmes conditions physiques, quoique formés cependant des mêmes molécules. J'assigne ainsi une raison physique très probable au développement de l'électricité polaire, phénomène dont les lois ont été savamment étudiées par les physiciens, mais dont la cause première est restée jusqu'à ce jour inconnue.

» Pour ce qui regarde le quartz, je fais voir de même, qu'en remontant à l'espèce de structure particulière qui le caractérise, on parvient à expliquer tout à la fois, et le genre d'hémiédrie qui distingue les formes de ce minéral, et ses propriétés optiques si remarquables. Il n'est pas nécessaire pour cela de supposer avec Fresnel, que la structure du quartz fasse exception à la loi générale du parallélisme des axes, et de la distribution uniforme des centres moléculaires ; il suffit d'admettre que sa molécule ne diffère de celle qui est propre aux espèces rhomboédriques, que par une légère modification ou perturbation que les atomes composants auraient éprouvée dans leur état d'équilibre, modification qui consiste en ce que ces atomes, par suite de leur forme et de leurs actions particulières, ne présentent plus la même disposition à droite et à gauche, ou, ce qui revient au même, en ce que la molécule rhomboédrique a subi une sorte de distorsion, dans un sens ou dans le sens contraire, perpendiculairement à son axe. »

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Nouveaux faits relatifs aux développements des plantes; par* M. PAYEN. (Extrait par l'auteur.)

(Commissaires, MM. de Mirbel, Dutrochet, Dumas, Ad. Brongniart.)

« Après avoir étudié la composition et les propriétés du tissu des plantes, ses rapports avec les substances organiques qu'il peut assimiler, avec celles qui le pénètrent sans être combinées, celles encore qu'il enveloppe en fortes proportions lorsqu'il est très jeune; après avoir déduit de ces faits positifs une théorie des engrais généralement admise par les agriculteurs, je m'étais occupé d'étudier sous les mêmes aspects les substances inorganiques utiles à la végétation, dans la vue de concourir à fonder ainsi la théorie rationnelle des amendements.

» Une occasion heureuse s'est présentée d'apprécier les méthodes d'investigation que j'avais employées : M. Meyen avait observé, en 1837, dans les feuilles de plusieurs figuiers, des corps claviformes qu'il ne rencontra depuis dans aucune autre plante. Pensant que l'étude attentive de ces productions servirait à éclairer l'histoire du développement des végétaux, il les examina et les décrivit de nouveau en 1839, profitant alors des progrès réalisés dans la construction des microscopes.

» M. Meyen donna le nom de *Gummi-Keulen* (petite massue de gomme), à ces corps qu'il supposait être gommeux et superficiellement recouverts de dentelures cristallines en carbonate de chaux; mais n'ayant pu tenir compte des données récemment admises chez nous relativement à la composition chimique et aux propriétés des tissus végétaux, ce savant n'a pas déterminé la véritable nature des corps dont il s'agit, et il devait, en conséquence, éprouver des difficultés insurmontables pour trouver les relations entre ces corps et la substance du tissu, leurs fonctions et leurs analogies.

» La lecture du Mémoire de M. Meyen dans le dernier numéro des *Annales des Sciences naturelles,* m'inspira le vif desir de résoudre toutes ces questions en y appliquant des notions que l'Académie avait jugées dignes de confiance. Je conçus même l'espoir de faire rentrer sous des lois générales que je crois avoir découvertes, ces faits curieux restreints en apparence à une partie d'une tribu végétale.

Les faits sur lesquels reposent mes conclusions ont été vérifiés non-seulement sur les figuiers cités dans le Mémoire de M. Meyen, mais encore

sur d'autres espèces, que l'extrême obligeance des professeurs et chefs de culture du Muséum m'a permis d'obtenir des immenses collections enrichies par leurs soins: ce fut là que je me procurai en outre la plupart des autres plantes dont l'examen était utile pour généraliser les résultats.

» Voici les noms des figuiers dont j'ai pu analyser et dessiner les organes secréteurs du carbonate de chaux : *Ficus ferruginea*, *F. laurifolia*, *F. benghalensis*, *F. nymphœi folia*, *F. elastica*, *F. carica*, *F. religiosa*, *F. reclinata*; parmi les autres plantes dans lesquelles je suis parvenu à découvrir des concrétions pédicellées que j'ai également soumises à l'analyse, on peut citer la *Parietaria officinalis* où elles se montrent très volumineuses en sphéroïdes hérissées de mamelons irradiés : elles se rencontrent sous des formes semblables dans les feuilles de *Parietaria lusitanica* et *P. arborea*, de l'*Urtica nivea* et de *Forskalea tenacissima*. Les concrétions cylindroïdes du *Celtis australis* et piriformes du *Celtis mississipiensis* se rapprochent plus de celles des figuiers; il en est de même encore des concrétions trouvées dans les feuilles des *Morus nigra*, *M. alba*, *M. multicaulis*; quant à celles des *Broussonetia papyrifera*, de l'*Humulus lupulus* et du *Cannabis sativa*, elles sont toutes dans la base des poils; les concrétions des feuilles du *Conocephalus naucleiflorus* sont remarquables par leur volume, leurs gibbosités et leur situation généralement inclinée dans des cellules agrandies qu'elles remplissent presque entièrement.

» Aucune concrétion calcaire pédicellée ne s'est rencontrée dans les feuilles des *Dorstenia contrayerva*, *D. arifolia*, ni dans les *Platanus* et *Ulmus*; celles des *Pipéracées*, des *Aurantiacées* et des *Juglandées* en diffèrent par leur nature, les formes des cristaux et l'absence des *pédicelles*.... »

Après avoir décrit les expériences qu'il a faites, et les observations microscopiques qu'il a représentées dans des dessins coloriés, l'auteur termine par les conclusions suivantes :

« 1°. Les substances inorganisées ou cristallisables, insolubles, ne se déposent point au hasard dans les tissus des feuilles, elles y trouvent des tissus spéciaux, parfois même des organes secréteurs, pédicellés, disposés pour les recevoir ;

» 2°. Les membranes de ces tissus, même dans les organes analogues, plus complexes des urticées, sont formées de cellulose, et accompagnées d'une matière azotée, comme tous les organes végétaux qui se développent;

» 3°. La secrétion par les plantes des matériaux qui doivent former leurs

incrustations ou concrétions est évidente encore pour les *Characeæ:* le *Chara hispida* s'entoure de carbonate de chaux, le *C. translucens* s'incruste fortement de silice, tandis que le *C. vulgaris,* dans les mêmes eaux, fixe à la fois le carbonate calcaire et l'acide silicique dans des proportions plus rapprochées;

» 4°. Les concrétions calcaires à tissu pédicellé se trouvent non-seulement dans les figuiers, mais encore dans un grand nombre de plantes de la famille des Urticées; parfois comme dans les feuilles de *Broussonetia papyrifera, Cannabis sativa* et *humulus lupulus,* dans les poils; en général vers la face supérieure sous l'épiderme, quelquefois à la face inférieure, comme dans le figuier commun, plus rarement sur les deux faces du limbe comme dans le chanvre. Une seule grande feuille de *Broussonetia p.* porte jusqu'à 134000 concrétions.

» 5°. On trouve souvent le carbonate de chaux entre les cellules du parenchyme des feuilles ou de leurs nervures, dans les méats des pétioles et des tiges;

» 6°. Le *carbonate de chaux* existe sous les deux formes dans des feuilles à sucs tellement acides, qu'ils dissolvent ce carbonate lorsqu'ils sont mis en communication libre (1);

» 7°. *L'oxalate de chaux,* généralement répandu dans les feuilles des plantes, y affecte, comme dans les tiges des cactus, les formes de cristaux transparents, agglomérés en sphéroïdes hérissées de pointes et accompagnées de membranes : quelquefois isolés, ils offrent l'apparence d'octaèdres ou de prismes rectangulaires;

» 8°. Les raphides, dans leurs variétés de formes allongées, sont composées d'une tunique remplie d'oxalate de chaux : elles se développent dans des cellules où existe un tissu spécial et une substance azotée;

» 9°. La silice incruste les membranes des feuilles d'un très grand nombre de plantes, peut-être de toutes, ainsi que les cellules des tiges des graminées, des characées et des prêles; on la rencontre quelquefois dans les méats intercellulaires et encore sous les formes de concrétion sphéroïdale sécrétée par un tissu développé dans une cellule;

---

(1) Pour comprendre la possibilité du dépôt formé dans de telles circonstances, il faudrait supposer, peut-être, qu'un sel calcaire soluble, introduit dans les feuilles par la sève ascendante, y serait décomposé par le carbonate d'ammoniaque puisé dans l'atmosphère. Cette hypothèse s'accorderait bien, d'ailleurs, avec les observations pratiques que j'ai faites et publiées depuis long-temps, relativement aux effets avantageux des vapeurs ammoniacales sur la végétation et à l'action très nuisible de tous les acides plus énergiques que l'acide carbonique.

» 10°. Les différences considérables entre les proportions en poids de ces concrétions et incrustations relativement à des plantes venues dans un même terrain pourront donner des notions utiles sur les sols et les amendements (1). »

Après avoir exposé ses vues sur le rôle qu'on pourrait attribuer au carbonate de chaux, à l'acide oxalique, aux raphides et à la silice dans les plantes, l'auteur ajoute : « Les physiologistes remarqueront sans doute, que des conditions très différentes se trouvent réunies dans des cellules semblablement disposées ou très voisines et formées d'une enveloppe identique : l'intérieur des unes reste dans un état de neutralité constant en présence d'un énorme excès de carbonate calcaire facilement attaquable, les autres renferment un excès d'acide tel, qu'il pourrait décomposer le carbonate contenu dans les premières.

» Serait-il déraisonnable d'examiner aujourd'hui, en réunissant les efforts des sciences qui se peuvent entr'aider, si cette matière commune à tous les végétaux, mince ou épaisse, souple ou solidifiée par des incrustations organiques ou minérales, merveilleusement appropriée à toutes leurs modifications de formes et de consistance, quoique identique dans sa composition élémentaire, plus abondante là où l'énergie vitale est moindre ; si la cellulose, en un mot, ne serait pas destinée à former l'enveloppe protectrice des corps vivants dans les plantes plutôt qu'elle ne serait elle-même douée d'une vie si diversifiée? »

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

MM. Thomas et Laurens adressent une Note ayant pour objet de montrer l'utilité d'une disposition proposée par Watt pour les *machines à vapeur*, mais aujourd'hui généralement abandonnée, savoir, l'emploi d'une enveloppe qui laisse circuler, autour du cylindre de la machine, de la vapeur venant de la chaudière.

Cette Note est renvoyée à l'examen de la Commission des rondelles fusibles.

M. Petit, de Maurienne, adresse la suite de son travail sur les *habitations considérées sous le double rapport de la salubrité publique et privée.*

---

(1) Un tableau synoptique contient les résultats d'analyses comparées que j'ai pu achever grâce au concours éclairé de M. Schmersahl.

Dans ce quatrième Mémoire, l'auteur s'occupe de l'action de l'air sur l'économie animale.

(Renvoi à la Commission précédemment nommée.)

MM. **Soyer** et **Ingé**, et M. **Boquillon** annoncent qu'ils se sont réunis pour l'exploitation de leurs *procédés galvano-plastiques*. Ils demandent que les communications qu'ils avaient faites séparément à ce sujet soient renvoyées à une seule et même Commission.

La Commission sera celle qui avait été désignée pour les procédés de M. Boquillon: elle se compose de MM. d'Arcet, Becquerel, Pouillet, auxquels M. Galle, membre de l'Académie des Beaux-Arts, a été prié de s'adjoindre.

M. **Korilski** prie l'Académie de vouloir bien renvoyer à l'examen d'une Commission une Note qu'il a adressée dans la précédente séance, relativement à un *appareil destiné à donner l'impulsion aux aérostats*.

(Commissaires, MM. Poncelet, Coriolis, Séguier.)

M. **Martin** adresse un supplément à une Note qu'il avait précédemment adressée sur la *détermination des latitudes et des longitudes en mer*.

(Commission précédemment nommée.)

CORRESPONDANCE.

M. **le Ministre de l'Instruction publique** transmet ampliation de l'Ordonnance royale qui confirme la nomination de M. **Dufrénoy** à la place vacante dans la section de Minéralogie et de Géologie, par suite du décès de M. *Brochant de Villiers*.

Sur l'invitation de M. le Président, M. Dufrénoy prend place parmi ses confrères.

M. **le Ministre de l'Agriculture et du Commerce** adresse le 39ᵉ volume des *Brevets d'invention expirés*.

A l'occasion de la communication de M. de Tessan, M. **Arago** met sous les yeux de l'Académie deux étuis des thermométrographes qui ont été employés dans le cours de la campagne de *la Vénus*, pour des sondages à

de grandes profondeurs. Ces étuis, en laiton, dont le diamètre intérieur est seulement de 33$^{\text{millim}}$,4, et dont les parois n'ont pas moins de 15$^{\text{millim}}$,6 d'épaisseur, n'ont pu cependant résister à l'énorme pression du liquide ambiant dans un sondage où l'on est parvenu à une profondeur de 4000 mètres; ils ont été écrasés et l'instrument qu'ils renfermaient a par conséquent été brisé. Cependant pour l'un d'eux il y a quelques raisons d'espérer que le curseur a conservé, relativement à l'échelle, la position qu'il occupait au moment où la rupture a eu lieu. C'est ce dont on pourra s'assurer en sçiant le tube avec les précautions nécessaires. Si cette conjecture se réalisait, on aurait une mesure de la température de l'eau de la mer, à une profondeur indéterminée, mais comprise entre deux limites connues, entre 1150 et 2000 brasses (1).

M. Arago communique l'extrait d'une Lettre de M. **Cola**, directeur de l'Observatoire de Parme, relative aux étoiles filantes du mois d'août. Dans les nuits du 9 au 10 et du 10 au 11 août dernier, M. Cola, assisté de deux observateurs, a compté 536 étoiles filantes. On demandera à l'auteur quelques détails qui sont nécessaires pour qu'on puisse comparer la moyenne de chacune de ces nuits à celle des nuits ordinaires. Par exemple, cette dernière moyenne a été déterminée par le nombre d'étoiles filantes que comptait, *dans un quart du ciel seulement*, un observateur; et il faudrait avoir recours à l'expérience pour connaître celle qui résulterait des observations de trois personnes se partageant toute l'étendue du ciel.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Courants d'eau très chaude à* 320 *lieues des côtes du Japon, et* 200 *lieues des îles Kuriles.*

« M. **Arago** rappelle que dans le Rapport fait sur les travaux scientifiques exécutés pendant la campagne de *la Vénus*, il a insisté sur l'importance des observations thermométriques, pour la détermination des courants de l'Océan; depuis la lecture de ce Rapport, ajoute-t-il, M. *de Tessan* a cru devoir examiner de nouveau sous ce point de vue les registres où sont consignés les résultats des observations horaires de la température de la mer et il a été conduit ainsi à constater l'existence d'un courant d'eau chaude dans la mer du Japon, courant dont il ne paraît pas que les navigateurs aient fait mention jusqu'à présent et qui par la différence entre

(1) Depuis la séance l'étui du thermométrographe a été scié; le curseur marquait + 1°,5.

sa température et celle des mers qu'il traverse n'est pas moins remarquable que le célèbre *gulf-stream*. Les deux courants produisent au reste dans les mers qu'ils parcourent des effets semblables, et les brumes presque permanentes des côtes du Japon semblent correspondre aux brumes presque permanentes du banc de Terre-Neuve.

» L'extrait suivant des registres tenus à bord de *la Vénus* pour les observations thermométriques montre combien la température du courant était supérieure à celle qu'on aurait dû attendre d'après la latitude.

Traversée des îles Sandwich : au Kamtschatka.

HEURES.	AOUT 1837.			
	Le 15. Midi. Latitude 40°16' N. Longit. 161.37 E. Temp. de l'air 26,0	Le 16. Midi. Latitude 42° 1'. Longitude 161.18. Temp. de l'air 25,1	Le 17. Midi. Latitude 41°42' N. Longit. 160.29 E. Temp. de l'air 20,9	Le 18. Midi. Latitude 42°55' N. Longit. 160.30 E. Temp. de l'air 13,5
	Température de la mer à la surface.			
Minuit.	26°0	25°6	21°0	15°0
1	25,8	25,3	22,0	13,3
2	25,5	25,0	22,0	13,6
3	25,5	24,6	21,8	13,8
4	25,5	24,3	21,6	14,0
5	25,7	24,0	21,0	15,2
6	25,8	23,6	21,0	15,2
7	26,0	23,6	21,0	14,7
8	26,0	24,0	21,2	14,8
9	26,5	24,0	20,0	14,0
10	26,7	24,0	19,0	14,0
11	26,7	24,0	19,0	13,5
Midi.	26,7	24,0	19,0	13,3
1	26,5	24,1	19,0	13,3
2	26,7	24,2	19,0	13,7
3	26,8	24,2	19,0	13,7
4	26,8	24,2	19,0	13,5
5	26,8	24,2	18,8	13,3
6	26,7	24,0	18,5	13,3
7	26,5	23,6	18,5	13,0
8	26,5	23,0	18,3	13,0
9	26,0	23,0	17,5	13,0
10	25,8	23,0	16,5	13,0
11	25,8	22,0	15,8	13,0
Minuit.	25,6	21,0	15,0	13,0

» Dans la traversée du Kamtschatka à Monterey, le maximum de tem-

pérature que nous trouvons pour la mer n'est plus que 18°,5 par 41° de latitude et de 135° à 160° de longitude.

» Ainsi, pour une différence en latitude de 2° 40′, c'est-à-dire 53 lieues marines; et une différence en longitude de 1°, c'est-à-dire 15 lieues; la température de l'eau a baissé de 13°, quantité énorme. C'est évidemment la température chaude de 26°,7′ qui est la température anomale à la latitude de 41°. C'est donc encore un courant d'eau chaude dont nous n'avons pas la largeur; car depuis les îles Sandwich, les températures diffèrent très peu de celles de la journée du 15 août. Ce courant portait la frégate vers le N.-E. et l'est avec une vitesse de un demi-mille à l'heure.

» A partir du 17 inclusivement, nous nous sommes trouvés enveloppés de brume, ce qui n'a pas permis d'avoir exactement les courants par la comparaison de l'estime et de l'observation.

» On a sondé plusieurs fois, dans cette brume, par 180 brasses sans trouver fond; la ligne était inclinée comme si le bâtiment était porté vers le S.-O.

» Sur la mer flottaient des morceaux de bois, des pelotes d'anatifes, des goémons en grande quantité. »

M. Vallot écrit de nouveau relativement aux communications de M. Walferdin sur une des sources de la Seine. M. Vallot soutient de nouveau qu'on ne connaît dans le pays d'autre abbaye de Saint-Seine que celle qui se trouvait dans le village du même nom, et qu'ainsi, bien que M. Walferdin ne se soit pas trompé relativement au lieu où la Seine prend sa source, il a désigné ce lieu par un nom qui ne lui appartient point et qui est propre à induire en erreur.

A l'occasion de la Lettre de M. *Vallot*, M. Arago revient sur une remarque qu'il avait faite relativement à une différence existant entre la température d'une des sources de la Seine, la source de la Duy, qu'il avait trouvée de 10°,0 et celle de la source située près d'Évergereaux, que M. Walferdin n'a trouvée que de 9°,182; cette différence de température s'explique parfaitement par la différence entre la hauteur du premier point et celle du second. Il résulte, en effet, des nivellements exécutés pour la nouvelle carte de France, que la source d'Évergereaux se montre à la surface du sol à 200 mètres environ plus haut que la source de la Duy.

M. J. Guérin écrit relativement à une opération qu'il vient de pratiquer

et sur laquelle il croit devoir appeler l'attention, parce qu'elle confirme, dit-il, pleinement une opinion qu'il avait soutenue dans son Mémoire sur les *plaies sous-cutanées*, à savoir que les plaies pratiquées sous la peau, à l'abri du contact de l'air, sont affranchies de tout travail d'inflammation.

« Le 25 de ce mois, dit M. Guérin, j'ai fait sans désemparer, sur un jeune homme âgé de 22 ans, la section sous-cutanée de quarante-deux muscles, tendons ou ligaments, pour remédier à une série de difformités articulaires du tronc et des membres, causées par la rétraction active de ces muscles et ligaments. Cette série d'opérations a exigé 28 ouvertures à la peau.

» Voici les résultats immédiats de ces opérations.

» L'opéré n'a éprouvé qu'une douleur et une fatigue médiocres. Il n'a proféré aucune plainte pendant les opérations, et celles-ci ont duré une heure. Une heure après il s'est endormi d'un sommeil calme. La nuit et le jour suivant ont été très tranquilles. Aucun accident inflammatoire n'est survenu, et le troisième jour les 28 plaies étaient complétement cicatrisées. Aujourd'hui, cinquième jour de ces opérations, les points de la peau qui ont été divisés sont débarrassés de toute espèce d'applications, et l'on distingue à peine les traces des cicatrices.

» Ces opérations ont été pratiquées à la Muette en présence d'une réunion de médecins français et étrangers.

» Pour ôter à cette opération toute apparence de témérité, j'ajouterai que depuis que j'ai cherché à établir par de nombreuses expériences sur les animaux, l'innocuité absolue des plaies sous-cutanées, je suis arrivé à vérifier le même principe chez l'homme par une série d'opérations convenablement graduées, depuis la section d'un seul muscle jusqu'à la section d'un très grand nombre. Quant aux procédés opératoires que j'ai mis en usage, la plupart sont nouveaux et ont été appliqués à des difformités partielles qui n'avaient été ni décrites, ni attaquées par la méthode sous-cutanée. Je me propose de faire connaître les uns et les autres, en communiquant en temps opportun à l'Académie le résultat définitif de ces opérations. »

M. Guérin adresse un paquet cacheté qu'il annonce comme faisant suite à celui qu'il a déposé le 28 mai dernier.

M. Romancé, mécanicien, adresse également un paquet cacheté.

Le dépôt des deux paquets est accepté.

La séance est levée à 5 heures. F.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

L'Académie a reçu dans cette séance les ouvrages dont voici les titres :

Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie royale des Sciences; 2e semestre 1840, n° 8, in-4°.

Description des Machines et Procédés consignés dans les brevets d'invention, de perfectionnement et d'importation; tome 39, in-4°.

Bulletin de l'Académie royale de Médecine; tome 5, nos 21 et 22, in-8°.

Mémoires de la Société royale d'Agriculture et Arts du département de Seine-et-Oise, 39e année; in-8°.

Mémoires de la Société royale des Sciences, de l'Agriculture et des Arts de Lille; année 1838, 3e partie; année 1839, 1re partie; 2 vol. in-8°.

Actes de la Société linnéenne de Bordeaux; supplément au tome 10, et 3e, 4e et 5e liv. de 1840.

Bulletin de la Société industrielle de Mulhausen; n° 59—61, in-8°.

Bulletin publié par la Société industrielle de l'arrondissement de Saint-Étienne; tome 16, 5e et 6e liv. de 1839, et tome 17, 2e et 3e liv. de 1840, in-8°.

Bulletin de la Société industrielle d'Angers et du département de Maine-et-Loire; 10e année, n° 3 à 6, et 11e année, n° 1 à 4; in-8°.

Recueil de la Société libre d'Agriculture, Sciences, Arts et Belles-Lettres du département de l'Eure; tome 10; avril, mai et juin 1839; in-8°.

Bulletin des travaux de la Société départementale d'Agriculture de la Drôme; n° 18, in-8°.

Mémoires de la Société d'Agriculture, Sciences, Arts et Belles-Lettres du département de l'Aube, 1er, 2e et 3e trimestre de 1839; in-8°.

Histoire et Mémoires de l'Académie royale des Sciences, Inscriptions et Belles-Lettres de Toulouse; années 1837, 1838 et 1839, tome 5, 1re et 2e partie, in-8°.

Annales de la Société d'Émulation du département des Vosges; tome 3, 3e cahier de 1839, in-8°.

Mémoires et Analyse des travaux de la Société d'Agriculture, Commerce, Sciences et Arts de la ville de Mende, chef-lieu du département de la Lozère; 1837 et 1838; in-8°.

Comices agricoles. — Extraits des Mémoires de la Société d'Agriculture, Commerce, Sciences et Arts de la ville de Mende; 1839 et 1840, in-8°.

Société d'Émulation du département des Vosges. — Connaissances usuelles recueillies par la Société, pour être adressées gratuitement à toutes les communes du même département. (Extrait des *Annales de la Société*, n° 8, 25 février.) In-8°.

Séance publique de la Société d'Agriculture, Commerce, Sciences et Arts du département de la Marne; année 1839, in-8°.

Éloge historique de Philibert Parat; par M. MARTIN jeune; Lyon, 1839, in-8°.

Société libre d'Émulation de Rouen. — Sujet de prix spécial pour 1839 *et* 1840, *séance du* 6 *juin* 1839; in-8°.

Explication de la Planche publiée le 10 *juin dernier, intitulée :* 1er *Mémoire sur l'Électro-magnétisme moteur de machines avec piles de toutes sortes, et sans pile, au moyen des seuls courants d'induction des aimants, etc., etc.; par* MM. PRÉCORBIN et LEGRIS; une feuille in-8°, avec planches.

Rapport sur le concours ouvert pour le Prix à décerner en 1840 *par la Société médicale du département d'Indre-et-Loire, fait au nom d'une Commission, par* M. le Dr HAIME; Tours, in-8°.

Bulletin général de Thérapeutique médicale et chirurgicale; tome 19, 3e et 4e liv., in-8°.

Revue des Spécialités et Innovations médicales et chirurgicales; tome 1, n° 10, in-8°.

Journal de Chimie médicale, de Pharmacie, de Toxicologie; n° 9, sept. 1840.

Journal d'Agriculture pratique, de Jardinage, etc.; tome 4, août 1840, in-8°.

Revue critique des Livres nouveaux; 8e année, n° 8, in-8°.

Revue scientifique et industrielle; par M. QUÉNESVILLE; n° 8, août 1840, in-8°.

Histoire et culture de la Renouée tinctoriale (Polygonum tinctorium), *et description de plusieurs procédés d'extraction de son indigo; par* M. JAUME SAINT-HILAIRE.

Bibliothèque universelle de Genève; n° 55; juillet 1840, in-8°.

Recherches sur les Ossements fossiles de la Russie, 2e *lettre à M. L. Agassiz; par* M. FISCHER DE WALDHEIM; Moscou, in-4°.

The Zoology.... *Zoologie du Voyage du* Beagle, *capitaine Fitzroy;* publiée par M. C. DARWIN, naturaliste de l'expédition ; 4ᵉ partie (*Poissons*); par M. L. JENYNS; n° 2.

An Examination.... *Examen de la Phrénologie en deux leçons; par* M. T. SEWALL; Washington, 1837, in-8°.

Report of.... *Rapport sur la* 9ᵉ *réunion de l'Association britannique pour l'avancement des Sciences, qui a eu lieu à Birmingham en août* 1839; Londres, 1840, in-8°.

Gazette médicale de Paris; tome 8, n° 35.

Gazette des Hôpitaux; nᵒˢ 100 et 101.

Gazette médicale de Marseille; n° 6.

L'Expérience, journal de Médecine; n° 165, in-8°.

Errata. (Séance du 24 août.)

Page 345, à la fin de la Note de M. Domeyko, ajoutez les noms des Commissaires, MM. Berthier, Élie de Beaumont.

COMPTE RENDU

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 7 SEPTEMBRE 1840.

PRÉSIDENCE DE M. SERRES, VICE-PRÉSIDENT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

CHIMIE OPTIQUE. — *Sur la construction des appareils destinés à observer le pouvoir rotatoire des liquides; par* M. BIOT.

« Plusieurs chimistes français et étrangers s'étant trouvés arrêtés dans des expériences de chimie optique par les imperfections des appareils dont ils faisaient usage, et par l'incertitude où ils étaient sur la manière de les employer, il m'a semblé utile de spécifier ici, dans nos *Comptes rendus*, diverses conditions que ces appareils doivent remplir, et aussi quelques précautions qu'il faut prendre pour en obtenir des résultats exacts. Ce sont des choses très faciles, et qu'une pratique persévérante apprendrait bientôt à un physicien exercé; mais elles sont indispensables, car la réussite est impossible si l'on ne s'y astreint pas.

» L'ensemble de l'appareil est fort simple. La lumière blanche des nuées est d'abord reçue sur la première surface d'un verre noir plan et poli, qui la renvoie dans un tuyau muni de diaphragmes intérieurs, suivant une direction telle, que le faisceau ainsi isolé, et transmis par les diaphragmes, se trouve polarisé par réflexion aussi complétement que possible. Ce fais-

ceau arrive ensuite perpendiculairement sur la première surface d'un prisme biréfringent, achromatisé, qui est placé au centre d'un cercle divisé, et porté sur une alidade mobile. Le plan du cercle est pareillement perpendiculaire à la direction du rayon réfléchi. Alors, en faisant mouvoir l'alidade vers la droite ou vers la gauche du plan de réflexion, elle entraîne le prisme, qui tourne ainsi autour de l'axe du faisceau réfléchi, en lui demeurant toujours perpendiculaire. La succession des images, ordinaires, extraordinaires, que ce mouvement développe dans les différentes directions où l'on amène l'alidade, fait connaître l'état de polarisation plus ou moins complet du faisceau réfléchi; et, lorsqu'il est complétement polarisé, le sens de sa polarisation, qui coïncide avec le plan de réflexion, se trouve indiqué sur le cercle divisé par la position que prend l'alidade quand le prisme ne donne qu'une image unique formée par la réfraction ordinaire. La division où l'index de l'alidade s'arrête alors sur le cercle, est ce que j'appelle *le point zéro de la polarisation directe.* Il est commode que ce point coïncide avec le zéro des divisions tracées sur le cercle, ou qu'il en soit très proche; et l'artiste qui construit l'instrument assure cet avantage, en plaçant l'origine de la graduation dans le plan de réflexion de la glace polie. Pour fixer les idées, je supposerai, dans ce qui va suivre, que le plan de réflexion est vertical, et que le zéro des divisions est placé au sommet supérieur du cercle. Alors le prisme biréfringent devra être fixé sur l'alidade, suivant une direction telle, que l'image extraordinaire E soit nulle ou presque insensible quand l'index de l'alidade sera amené sur 0°.

» Les choses étant disposées ainsi, ayez des tubes creux, de verre ou de métal, terminés par des glaces minces à faces parallèles; puis, ayant rempli l'un d'eux avec certains liquides, tels que l'eau, l'alcool, ou des acides quelconques à l'exception du tartrique et de ses composés, interposez ces plaques liquides dans le trajet du faisceau polarisé, avant qu'il arrive au prisme biréfringent amené sur le point zéro. L'image extraordinaire E, qui était nulle ou insensible, restera telle; et par conséquent la polarisation primitivement imprimée par la réflexion n'aura pas été troublée. Tous les liquides qui la laissent ainsi subsister sans dérangement seront ce que j'appelle *moléculairement inactifs.* Ils le paraissent du moins pour nos sens, dans les limites d'épaisseur restreintes où nous les pouvons étudier.

» Mais une multitude d'autres liquides, tels que les dissolutions de diverses espèces de sucres, la plupart des huiles essentielles, les solutions d'acide tartrique et de ses sels, ou de ses dérivés, enfin une foule de

liqueurs animales ou végétales, étant interposées de même, troublent la polarisation primitive, et la transportent, pour chaque rayon simple, dans un autre plan que celui où elle avait lieu d'abord. Cela se voit tout de suite, parce que l'image extraordinaire E qui était précédemment nulle, reparaît immédiatement; et même, si le liquide interposé laisse passer des rayons de diverses réfrangibilités, ce qui est le cas habituel, cette image paraît colorée, parce que le plan de polarisation des rayons transmis est dévié inégalement selon que leur réfrangibilité est différente. Pour étudier isolément cet effet, au moins sur l'un d'eux, il faut interposer entre le prisme et l'œil une plaque de ces verres rouges, colorés par le protoxide de cuivre, qui, lorsqu'ils sont suffisamment épais, ne transmettent qu'une seule espèce de rayons, voisins du rouge extrême du spectre; alors l'image extraordinaire E qui reste visible, est uniquement composée de ces rayons rouges sensiblement homogènes. Or, en tournant l'alidade du prisme vers la droite ou vers la gauche de l'observateur, on retrouve toujours une certaine position où cette nouvelle image E devient nulle, comme elle l'était primitivement; de sorte que l'arc parcouru par l'alidade, depuis le point zéro, mesure l'angle de déviation que le plan de polarisation des rayons rouges purs a subi vers la droite ou vers la gauche de l'observateur, en traversant le liquide interposé. Cet angle, pour chaque liquide, est proportionnel à l'épaisseur interposée; et il reste invariable quand on agite le liquide dans son tube, ou qu'on écarte ses particules les unes des autres, en le mêlant avec des liquides inactifs qui n'agissent pas sur lui chimiquement. Par ces résultats, et même par le seul fait de la non-symétrie de l'action exercée ainsi dans des liquides, sous l'incidence perpendiculaire, on voit que la déviation totale observée est la somme des déviations infiniment petites successivement imprimées au rayon par les groupes moléculaires actifs disposés sur son trajet. De sorte que le sens de cette déviation, et sa grandeur, pour l'unité de masse active traversée, sont deux phénomènes caractéristiques de la constitution actuelle des particules agissantes, dans lesquels leur mode d'agrégation accidentel n'intervient pas. Les substances qui dévient ainsi les plans de polarisation des rayons lumineux, dans un certain sens propre, en vertu de leur action moléculaire, sont ce que j'appelle des substances *moléculairement actives.* On ne peut évidemment leur attribuer cette dénomination, qu'en étudiant leurs effets, dans l'état libre et désagrégé de leurs groupes matériels, conséquemment après les avoir liquéfiées par la fusion, ou la dissolution dans des liquides inactifs. Car l'agrégation, accompagnée de l'état cristallin, peut développer des actions de masse qui

imitent celles-là, sans que les molécules isolées, ou agrégées confusément, hors de l'état cristallin, les exercent. C'est ce qu'on observe dans le quartz. Parmi la multitude d'expériences que j'ai eu l'occasion de faire sur ce sujet, je n'ai jamais rencontré de substance moléculairement active qui n'eût au moins un élément organique. Alors la faculté déviante persiste dans toutes les combinaisons où la substance active entre sans que ses groupes moléculaires soient chimiquement décomposés. Mais l'intensité de la déviation, et même son sens, vers la droite ou vers la gauche du plan primitif, varient généralement avec la nature ainsi qu'avec les proportions des principes dont se compose la combinaison.

» Jusqu'ici j'ai considéré spécialement l'action exercée sur le rayon rouge pur, parce que c'est le seul que l'on puisse isoler complétement par l'interposition de verres colorés; et ainsi c'est toujours à lui qu'il faut ramener définitivement les observations pour les rendre comparables. C'est ce que j'ai fait dans les formules insérées aux Mémoires de l'Académie, et aux *Comptes rendus,* où elles sont présentées toutes préparées pour des applications, avec des exemples qui en éclaircissent l'usage. Je n'ai donc qu'à y renvoyer. Mais, en étudiant les couleurs des images extraordinaires qui s'observent immédiatement à l'œil nu, à travers des liquides incolores, j'ai trouvé que, pour toutes les substances actives jusqu'ici connues, à la seule exception des solutions d'acide tartrique dans des liquides inactifs, les déviations des divers rayons simples sont presque exactement réciproques aux carrés des longueurs d'accès des éléments lumineux considérés comme matériels; ou, ce qui revient au même, aux carrés des longueurs des ondulations dans le système ondulatoire. De là, non-seulement on déduit les teintes des images formées dans toutes les positions du prisme biréfringent, de manière à ne pas pouvoir les distinguer de l'expérience; mais encore, ce qui est infiniment utile, on trouve que, dans la succession des teintes extraordinaires qui apparaissent à mesure que le prisme tourne, il y en a une extrêmement distincte, et facilement reconnaissable, qui répond avec une approximation singulière à la déviation des rayons jaunes purs, et que l'on peut ramener à celle des rayons transmis par les verres rouges, en la multipliant par $\frac{23}{30}$. Cette teinte est un violet bleuâtre qui suit immédiatement le bleu intense et précède immédiatement le rouge jaunâtre dans le progrès de la rotation; et, tant par sa nature spéciale, que par son opposition tranchée avec les deux autres entre lesquelles elle est toujours comprise, il est impossible de ne pas la reconnaître avec une parfaite évidence quand on l'a seulement cherchée

une fois par les caractères précédents. C'est ce qu'ont éprouvé toutes les personnes qui ont bien voulu essayer avec moi ce genre d'observations. Et elles parvenaient bientôt à arrêter le mouvement du prisme exactement au même point que moi, parce que l'incertitude d'appréciation des couleurs, résultante de la diverse organisation des yeux, se trouve ici complétement levée par le mode de succession qui amène celle que je viens de désigner. Or, non-seulement l'observation ainsi effectuée est infiniment plus facile et plus prompte qu'avec le verre rouge; mais l'apparition des couleurs, jointe à leur changement soudain autour du point de passage, devient un indice tellement sensible, que, par exemple, un millième en poids de sucre de cannes dissous dans l'eau, manifeste ainsi son pouvoir rotatoire avec évidence à travers une épaisseur d'un demi-mètre, ce qui est une longueur de tube qui n'a rien d'incommode à employer. Ce mode d'observation si simple et si facile, suffit parfaitement pour toutes les recherches courantes, où l'on n'a pas besoin d'établir des lois fondamentales, mais seulement de constater des identités ou des différences de constitution moléculaire, ce qui est presque toujours le but de la chimie; et l'on peut toujours le compléter par les déterminations plus rigoureuses faites avec le verre rouge. Mais j'ai dit tout-à-l'heure que les solutions d'acide tartrique dans des liquides inactifs y échappent. Leur action sur les divers rayons du spectre suit de tout autres lois, dépendantes de la nature du système fluide formé, ainsi que de ses proportions pondérales, de sorte que l'emploi du verre rouge ne peut alors être évité. Cette exception, jusqu'à présent unique, est sans doute bien surprenante; elle l'est d'autant plus, qu'elle disparaît instantanément dans les combinaisons de l'acide avec des bases énergiques, ou avec l'acide borique, lesquelles reprennent la loi habituelle de dispersion des plans de polarisation pour les rayons d'inégale réfrangibilité. Des propriétés si remarquables, et si complétement exceptionnelles, semblent bien propres à solliciter l'attention des chimistes sur le corps qui les possède; car elles se réunissent pour leur indiquer que la constitution moléculaire de l'acide tartrique renferme quelque grand secret de chimie, qui semble déjà s'offrir à leurs soupçons dans les propriétés étranges que ce même acide communique aux solutions dont il fait partie.

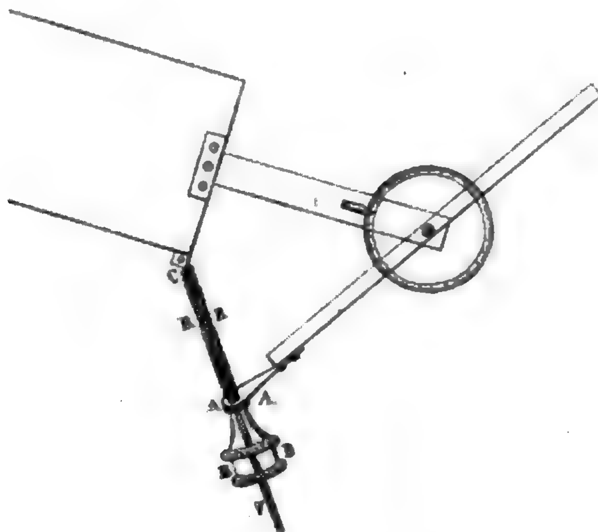
» En joignant à l'exposition précédente les formules que j'ai si souvent employées dans mes Mémoires ou dans les *Comptes rendus*, pour calculer le pouvoir moléculaire propre de chaque substance d'après les déviations des plans de polarisation observées, on aura tous les principes de cette étude nouvelle des corps, que j'ai cru pouvoir désigner par

le nom de *Chimie optique*. Mais il me reste à décrire plusieurs précautions de détail indispensables pour que les expériences réussissent, et fournissent des éléments de calcul exacts. Tel est même le but principal de cet écrit. Supposant donc l'ensemble de l'appareil suffisamment connu par la description générale rappelée plus haut, je vais successivement passer en revue ses diverses parties, en indiquant les conditions de précision qu'il faut leur donner pour qu'elles réalisent convenablement les effets qu'elles sont destinées à produire; et je m'aiderai au besoin de figures pour la clarté de l'exposition.

I. *Miroir réflecteur.*

» Ce miroir est destiné à jeter dans le tuyau de l'appareil un faisceau délié de lumière blanche des nuées, après l'avoir polarisée par réflexion. Cela exige que sa surface réfléchissante forme avec l'axe du tuyau un angle d'environ 35° 30'. On le rend donc mobile autour d'un axe horizontal faisant corps avec le tuyau, de manière que l'on puisse l'amener dans cette position, et l'y fixer par une vis qui l'arrête. Pour régulariser cette opération, la plupart des artistes adaptent autour de l'axe de rotation un cercle divisé que le miroir entraîne en tournant, et dont il amène successivement les divisions devant un index fixe, lequel doit répondre à 0° quand le plan du miroir se trouve dirigé suivant l'axe du tuyau. De sorte qu'en faisant tourner ce plan jusqu'à ce que la division 35° 30' arrive devant l'index, on le suppose dirigé convenablement pour que le rayon réfléchi dans le tuyau soit polarisé. Mais cette disposition est très imparfaite, et souvent fautive. Car, d'abord, l'angle de polarisation, sur le verre dont ils font usage, est rarement tel qu'ils le supposent, ou qu'ils le marquent dans leurs constructions. Puis, le mouvement de la main est trop grossier pour amener le miroir dans sa position précise, et il s'en écarte toujours quelque peu lorsqu'on serre la pince qui doit le fixer. Enfin, la polarisation d'un rayon blanc ne peut jamais être complète, à cause de l'inégale réfrangibilité des rayons élémentaires qui le composent; de sorte qu'après s'être guidé sur l'index pour amener le miroir près de la position la plus favorable, il faut pouvoir ensuite lui imprimer de très petits déplacements, alternativement contraires, à l'aide d'un mouvement de vis, pour reconnaître cette position par ses effets mêmes, c'est-à-dire en analysant le rayon réfléchi, au moyen du prisme biréfringent, et arrêtant fixement le miroir, lorsque la polarisation observée de

son ensemble est la plus complète. M. Cauchoix a réalisé toutes ces facilités dans les appareils qu'il a contruits pour moi, en adaptant sous la monture du miroir, *fig.* 1,



une tige de vis CV, tournant à charnière en C, et passant librement dans un anneau AA porté par le prolongement du miroir. La portion de la tige comprise entre le point d'attache C, et l'anneau AA, est entourée d'un ressort à boudin assez fort pour tendre toujours à repousser énergiquement le miroir, et à le faire tourner ainsi autour de son axe de rotation. Mais cette tendance est contrebalancée, et son effet réglé, par un bouton à écrou BB, qui se visse au prolongement extérieur de la tige, de l'autre côté de l'anneau A; ce qui permet de modifier l'inclinaison du miroir sur l'axe du tuyau, par des mouvements aussi lents qu'on peut le desirer, en le laissant toujours fixé de lui-même au point où on l'abandonne. J'ai employé, et j'emploie encore de ces appareils, qui, une fois bien réglés, sont restés fixes pendant huit ou dix années consécutives sans avoir besoin d'aucune rectification.

» La lumière des nuées est préférable à toute autre par sa blancheur. Dans nos climats du Nord, où le ciel est trop souvent sombre, il y a de l'avantage à disposer l'appareil de manière qu'il la reçoive du côté du midi, où elle est habituellement le plus intense. Mais, après l'avoir ainsi établi fixement, comme on verra tout-à-l'heure qu'il faut le faire, il faut

entourer le miroir d'une sorte de pyramide latérale qui l'empêche de recevoir directement les rayons solaires, conjointement avec ceux que l'atmosphère peut lui envoyer. Car la proportion de ces rayons directs, qui se polariserait par réfraction dans les couches du verre les plus voisines de la surface, et qui rejaillirait de là dans le tuyau par radiation, serait assez abondante, comme assez vive, pour donner dans le prisme biréfringent une image extraordinaire appréciable, qui se mêlant au faisceau spéculairement réfléchi, et polarisé dans le plan de réflexion, dénaturerait tous les résultats. Par le même motif, aux époques de l'année où la marche du soleil amène cet astre à jeter directement ses rayons sur le miroir pendant quelques instants, il faut ne jamais observer dans ces instants-là.

» Mais tous ces soins pour obtenir une bonne polarisation seraient rendus inutiles si l'observateur qui doit analyser le faisceau réfléchi avait lui-même les yeux exposés à la lumière extérieure; car non-seulement il ne pourrait alors apprécier que très grossièrement les conditions d'une polarisation exacte, mais une foule de phénomènes de rotation lui échapperaient par leur délicatesse, se trouvant effacés dans la sensation par le trop grand éclat étranger qui s'y mêlerait. C'est ce qui m'est arrivé pendant long-temps, avant que j'eusse soupçonné l'inconvénient de ce mélange; et il nuit même à la mensuration des phénomènes les plus manifestes, en exagérant les limites angulaires de rotation entre lesquelles les images extraordinaires qui s'y rapportent deviennent insensibles. Pour s'y soustraire, il faut absolument que le tuyau qui contient le rayon réfléchi, le prisme biréfringent qui sert pour l'analyser, et l'expérimentateur qui l'étudie, soient enfermés dans un petit cabinet parfaitement obscur, dont il ne sorte au-dehors que la seule extrémité antérieure du tuyau à laquelle le miroir réflecteur est adapté; l'orifice de sortie étant lui-même exactement fermé, sur tout le contour du tuyau, par l'application de plusieurs doubles de papier noirci, de manière qu'il ne puisse s'introduire par-là aucune lumière. Néanmoins, il faut aussi pouvoir, de temps en temps, faire arriver un peu de clarté dans cette obscurité, pour lire sur le cercle divisé le point de la graduation auquel on a amené l'alidade mobile. A cet effet, je pratique à côté de l'observateur une porte qu'il puisse, à sa volonté, ouvrir et fermer sans se déranger de devant l'appareil; et je la dispose de manière qu'elle regarde, en s'ouvrant, la partie du ciel de laquelle la lumière arrive; de sorte qu'en collant des papiers blancs sur cette face, d'abord intérieure, elle puisse

éclairer, par réflexion rayonnante, le cercle divisé. Alors, quand on a conduit l'alidade mobile sur un certain arc de déviation, on ouvre la porte, juste autant qu'il le faut pour recevoir la faible lueur nécessaire à la lecture ainsi qu'à la transcription des résultats; puis on la referme aussitôt, en conservant à la pupille l'état de dilatation que lui a imprimé l'obscurité, et qui la rend plus délicatement sensible aux impressions du faisceau polarisé qu'elle étudie.

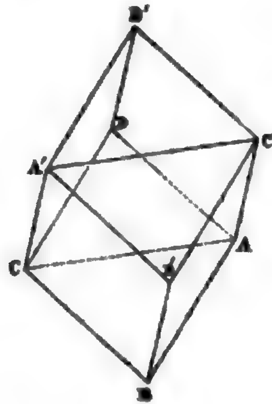
II. *Table qui porte tout l'appareil.*

» Cette table, construite solidement, en bois noirci, doit être fendue dans toute sa longueur par une rainure, dans laquelle s'insèrent les pieds des tiges métalliques qui portent le tuyau avec le miroir réflecteur, le cercle divisé, et enfin les supports à fourchettes sur lesquels on pose les tubes d'observations. Comme toutes ces tiges doivent être amenées exactement dans le même plan vertical qui contient le rayon réfléchi, il faut que la rainure soit assez large pour laisser un certain jeu de mouvement latéral qui permette d'effectuer exactement cette coïncidence. Quand elle est opérée, on serre les pieds des tiges contre la table par des vis de pression qui les fixent invariablement. La hauteur de la table doit être telle, et tellement combinée avec l'inclinaison du tuyau sur l'horizon, que l'expérimentateur, placé derrière le prisme biréfringent, le trouve à la hauteur de son œil, soit en se tenant debout, soit en restant assis, ce qui vaut encore mieux, les observations étant toujours d'autant meilleures qu'il éprouvera moins de gêne. Le support du cercle divisé, et ceux qui sont destinés à recevoir les tubes, doivent être susceptibles de variation dans le sens vertical pour s'accommoder à l'inclinaison donnée au tuyau qui contient le rayon réfléchi. Il faut d'ailleurs que toutes ces pièces adhèrent à la même table, afin qu'un dérangement accidentel survenu par un choc les maintienne toujours dans les mêmes positions relatives, ce qui n'aurait pas lieu si on les établissait sur des tables séparées.

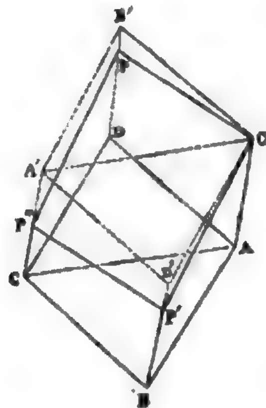
III. *Prisme biréfringent.*

» Ce prisme doit être tel, qu'un rayon de lumière naturelle en s'y réfractant se résolve seulement en deux faisceaux polarisés dans des sens rectangulaires. La manière la plus simple, ainsi que la plus sûre, de remplir cette condition, m'a paru être la suivante. Ayant choisi un petit rhomboïde de

chaux carbonatée bien pur, et d'une constitution régulière, dont la section principale est ACA'C', *fig.* 2,



je le coupe par un plan perpendiculaire à cette section, et incliné seulement de trois ou quatre degrés sur la base naturelle ABCD; de manière que le parallélisme primitif de ses faces supérieure et inférieure se trouve aussi légèrement altéré dans la direction de la section principale, comme le représente la *fig.* 3,



où l'on a tracé la coupe oblique en C'PP'P'' par des lignes pleines. Cela fait, si un rayon de lumière non polarisé est introduit dans ce prisme rhomboïdal, perpendiculairement à sa face naturelle ABCD, il se divise d'abord intérieurement en deux faisceaux d'égale intensité, qui se meuvent dans le plan de la section principale du point d'incidence, avec des sens de polarisation rectangulaires. Arrivés à la surface artificielle et oblique C'PP'P'', ces faisceaux ne se dédoublent pas en sortant

du cristal. Chacun d'eux reste simple dans son émergence, en conservant le même sens de polarisation qu'il avait reçu intérieurement. L'obliquité de la face d'émergence les sépare seulement davantage; mais, étant très petite, elle n'altère pas sensiblement l'égalité primitive de leurs intensités, de sorte que toutes les conditions indiquées plus haut se trouvent remplies. Il ne reste qu'à corriger la dispersion chromatique que les deux faisceaux ont subie, et qui s'est principalement opérée dans leur émergence. Pour cela, on remplace la portion enlevée du rhomboïde par un prisme de verre de même sens, et d'un angle tel que l'achromatisme soit rétabli, non pas exactement, car il ne peut l'être, mais aussi approximativement que possible, surtout dans l'image extraordinaire, qui est celle dont les teintes servent le plus spécialement d'indices pour les déviations. Ce prisme compensateur étant ainsi choisi, on le colle à la face artificielle du cristal par une mince couche d'essence de térébenthine épaissie; et ce système mixte est ensuite fixé au centre du cercle divisé, sur l'alidade mobile, de manière que la face naturelle reçoive immédiatement le faisceau lumineux réfléchi par le miroir. Alors le prisme compensateur de verre se trouve du côté de l'œil, et ne peut plus troubler les affections reçues par les rayons lumineux dans leur marche antécédente; au lieu qu'il les altérerait par son interposition si on le plaçait dans le trajet des rayons avant le cristal, comme on le fait quelquefois inconsidérément.

» J'ai dit que l'obliquité donnée aux faces du rhomboïde ne devait être que de quelques degrés. Cela est nécessaire pour que la dispersion chromatique des deux faces ne soit ni trop forte, ni trop sensiblement inégale. Comme conséquence de cette disposition, il faut que les diaphragmes qui bornent le diamètre du faisceau réfléchi soient assez étroits pour que le prisme biréfringent sépare complétement les deux images formées, sans les écarter beaucoup au-delà de cette limite; parce qu'il suffit qu'on les puisse voir complétement distinctes, et que leur comparaison se fait d'autant mieux qu'elles sont plus proches. Cette limitation de l'épaisseur du faisceau réfléchi a encore l'avantage de rendre son état de polarisation plus complet; et tous ces motifs se réunissent pour exiger qu'on ne l'exagère pas au-delà de ce qu'il faut pour le dédoublement complet des deux images.

» Des opticiens auxquels on avait demandé des appareils de ce genre, ayant éprouvé de la difficulté à se procurer du spath d'Islande, ont cherché à le remplacer par des prismes de cristal de roche taillés parallèlement et perpendiculairement à l'axe des aiguilles, de manière à se compenser achromatiquement. Mais cette substitution est très vicieuse, parce qu'on ne

parvient jamais à tailler et combiner ainsi des prismes cristallisés dans des directions telles, qu'il n'en résulte rigoureusement que deux images finales. On en voit toujours quatre, dont deux, à la vérité très faibles, deviennent sensibles dans des épreuves délicates. Elles le sont surtout ici pour l'observateur placé dans une complète obscurité, et elles troubleraient toute l'exactitude des résultats qu'il s'agit de déterminer. On évite avec sûreté cet inconvénient capital par la construction que j'ai indiquée plus haut, et je n'en connais pas qui présente aussi bien cet avantage. On a aussi essayé quelquefois de remplacer le prisme biréfringent par une plaque de tourmaline. Mais, lorsqu'une telle plaque est assez épaisse pour absorber complétement l'un des deux faisceaux intérieurs qui s'y forment, et pour transmettre ainsi l'autre polarisé en un seul sens, elle est toujours assez colorée pour dénaturer complétement les teintes de ce faisceau transmis, qui sont ici un élément important d'observation.

IV. *Manière de régler l'appareil.*

» Les dispositions précédentes étant admises, il faut d'abord donner au rayon réfléchi l'état de polarisation le plus complet qu'il puisse recevoir. Pour cela on amènera le miroir réflecteur dans la position marquée par l'artiste comme produisant approximativement cet état. Puis, on inclinera le cercle divisé qui porte le prisme, jusqu'à ce que son plan devienne exactement perpendiculaire à l'axe du tuyau qui contient le rayon réfléchi, ce qui rendra ce rayon perpendiculaire à la face naturelle du prisme biréfringent. Alors l'observateur s'enfermera dans le cabinet obscur; et, sans s'inquiéter du zéro des divisions, il fera tourner l'alidade mobile, jusqu'à ce que l'image extraordinaire E soit, sinon absolument nulle, du moins le plus faible qu'il est possible. Quand il aura bien constaté cette position, un aide placé au dehors, tournera doucement le bouton BB qui retient le miroir réflecteur, *fig.* 1, de manière à faire varier tant soit peu le plan de ce miroir autour de la position approximative qu'on lui avait d'abord donnée; et l'observateur, étudiant la polarisation du rayon dans chacune de ces positions successives, reconnaîtra bientôt celle où elle est le plus complète, par la condition que l'image extraordinaire y soit le plus complétement éteinte. Alors le miroir réflecteur restant ainsi fixé, l'observateur ouvrira la porte du cabinet pour amener l'index de l'alidade mobile sur le zéro des divisions, ce qui entraînera le prisme biréfringent; puis, la maintenant dans cette position, et ayant

rétabli l'obscurité, il fera cette fois tourner le prisme seul dans sa monture, jusqu'à ce que l'image E disparaisse de nouveau. Alors il constatera par une dernière épreuve que l'inclinaison donnée au miroir est définitivement la meilleure, ou il l'y fera amener s'il en est besoin; et ceci reconnu, il fixera invariablement le prisme sur l'alidade par une vis de pression destinée à cet usage.

» Si les opérations manuelles pouvaient être tout-à-fait rigoureuses, l'appareil ainsi réglé amènerait toujours la section principale du prisme dans le plan de réflexion quand l'alidade marquerait o°; et alors le zéro de la polarisation primitive coïnciderait exactement avec le zéro des divisions tracées sur le cercle. Mais cet accord n'aura jamais lieu avec une entière rigueur. Pour déterminer le petit écart qui a pu rester encore, l'observateur tournera l'alidade, successivement vers sa droite et vers sa gauche, en l'arrêtant dans la position où l'image E est le plus complétement éteinte. Et, comme sa disparition subsiste sur une certaine étendue d'arc où elle est seulement insensible, il déterminera les limites de cet espace par des essais réitérés, au nombre de quinze ou vingt, après chacun desquels il se redonnera assez de clarté pour lire et nóter la division à laquelle l'index de l'alidade s'arrête. La moyenne de ces déterminations, qui seront toujours extrêmement peu différentes les unes des autres, lui donnera la vraie position du zéro de son appareil à une petite fraction de degré près; et il faudra répéter cette vérification de temps en temps, comme on répète celles des instruments d'astronomie, pour tenir compte des petits dérangements que les différentes parties de l'appareil auraient pu éprouver, par l'effet de leurs réactions mutuelles ou des variations de la température ambiante. Le point zéro ainsi fixé, sera l'origine à partir de laquelle il faut compter les arcs de déviation réellement opérés dans les diverses expériences. Il en résultera ainsi une petite correction à faire aux arcs immédiatement lus sur le cercle, pour ramener les déviations à leur valeur véritable, comptée de ce point. Si d'ailleurs tout l'appareil est bien réglé, lorsqu'on tournera l'alidade mobile sur toute la circonférence du cercle divisé, les images ordinaire, extraordinaire, O, E, devront alternativement s'évanouir dans les quatre quadrans comptés à partir du point zéro ainsi déterminé; et il faut avoir bien soin de constater qu'il en est ainsi, dans les limites d'exactitude que ce genre d'observation comporte.

» Ce même mode de détermination par des limites de visibilité, devient nécessaire, toutes les fois que l'on veut mesurer des déviations à travers le verre rouge, parce que l'image extraordinaire déviée E reste pareillement

alors insensible sur une certaine amplitude d'arc. Pour trouver le point précis de sa plus complète disparition, je tourne l'alidade en partant de 0°, jusqu'à ce qu'elle arrive à la première limite où l'image E commence à disparaître : je la fais alors reparaître quelque peu en rétrogradant, puis de nouveau disparaître, et j'arrive ainsi sans incertitude à la première limite de son évanouissement que je lis sur le cercle divisé. Cela fait, je tourne l'alidade sur tout l'espace où l'image E est insensible, et je détermine par des essais pareils la seconde limite de sa réapparition. Je répète ces alternatives dix, vingt ou trente fois selon le besoin, tant pour obtenir des résultats moyens plus exacts, que pour obvier aux variations soudaines d'intensité de la lumière atmosphérique incidente, variations qui déplacent quelquefois notablement les limites absolues de disparition et de réapparition. Mais, par cette succession d'observations alternées, sur les deux limites prises tour à tour pour origine de chaque couple, la compensation se fait si bien, que j'ai maintes fois obtenu exactement la même déviation moyenne par des états de l'atmosphère tellement dissemblables, que l'amplitude totale de disparition se trouvait seulement de quatre ou cinq degrés au plus dans les uns, et de vingt, ou même trente, dans les autres. Or, quoique je ne fusse pas porté à compter sur des résultats obtenus dans des états du ciel aussi sombres, et que je sois très loin de le conseiller, j'ai constaté cependant par cet accord que la méthode des alternatives était très exacte; et que, dans des circonstances atmosphériques qui ne sont pas extrêmement défavorables, dix ou vingt observations de limites suffisent pour établir les déviations moyennes opérées à travers le verre rouge, aussi sûrement qu'on peut le desirer. Lorsqu'on peut se borner à observer immédiatement la déviation de la teinte E, violet bleuâtre, une seule mesure suffit, comme je l'ai dit plus haut, toujours en comptant les arcs à partir du zéro actuel de la polarisation primitive déterminé sur le cercle divisé. Néanmoins il ne serait pas prudent d'étendre cette observation à des déviations dont l'amplitude excèderait notablement une demi-circonférence, parce que le progrès des dispersions rendrait alors les caractères de la teinte E moins précis. Mais on n'a jamais aucun motif de recourir à de si grandes déviations.

V. *Des tubes destinés à contenir les liquides dont on veut déterminer le pouvoir rotatoire.*

» Ces tubes sont de deux sortes : les uns en cuivre étamé intérieurement; les autres en verre, pour les liquides qui attaqueraient le métal, ou

que l'on veut conserver long-temps en observation sans risquer que leur pureté s'altère. Ils sont également fermés à leurs extrémités par des glaces polies à faces parallèles. Mais, dans les premiers, ces glaces sont fixées par un lut de céruse, ou par un mastic, à des bouchons de cuivre rodés intérieurement, que l'on peut séparer des tubes pour vider ceux-ci et les nettoyer à l'intérieur. Au lieu que les tubes en verre reçoivent temporairement leurs obturateurs de glace, qu'on y fait seulement adhérer avec une légère couche de quelque lut, formé d'un mélange de cire et d'huile grasse, ou de gomme, ou d'essence de térébenthine épaissie. Dans tous les cas, il faut constater avec soin que les obturateurs ainsi employés n'exercent aucune action polarisante qui leur soit propre; et si l'on en trouve qui soient doués de cette propriété par un effet de trempe, il faut les rejeter, ou les faire recuire pour la leur ôter absolument.

» Lorsqu'on veut faire usage des tubes en verre, on fixe d'abord un obturateur à leur extrémité inférieure, puis on étend une couche presque imperceptible de lut sur leur bout supérieur qui est encore découvert. On verse alors doucement le liquide que l'on veut observer, jusqu'à ce qu'il les déborde extérieurement par un petit ménisque capillaire. On écrase ce ménisque en appliquant le second obturateur, ce qui laisse l'intérieur du tube complétement plein, sauf quelque très petite bulle d'air qui parfois y reste, mais qui n'empêche nullement les observations. Ce système est alors introduit dans une enveloppe de cuivre de pareille longueur, qui se ferme par un bouchon à vis, percé d'une ouverture circulaire pour laisser le passage libre aux rayons lumineux transmis à travers le liquide. Le bout inférieur du tube enveloppé est percé de même. Le bouchon vissé vient appliquer sa tête sur l'obturateur supérieur, et le maintient en contact, ainsi que l'opposé, par la pression qu'il exerce. Quand le liquide introduit ne ronge pas le cuivre, on met d'avance le tube, muni de son premier obturateur, dans l'enveloppe avant de le remplir; la petite portion qui déborde toujours quand on le ferme étant alors sans inconvénient.

» Il faut avoir ainsi des tubes de diverses longueurs, comme de différents calibres, les plus fins pour les liquides les plus rares dont on n'a qu'une très petite quantité. J'en ai employé de tels où quelques grammes de liquide occupent plus d'un décimètre de longueur. Mais l'observation est plus facile quand on peut les employer un peu moins étroits. Lorsque le rayon polarisé s'y propage, il s'opère inévitablement sur leurs parois internes des réflexions partielles qui sont assez incommodes. On les évite

en introduisant dans le liquide, à l'aide d'une tige de verre, des diaphragmes d'argent garnis extérieurement de découpures qui font ressort. On les y fait entrer quand le tube est à moitié rempli. Cette opération devient encore plus facile quand les tubes de verre sont fort longs, parce qu'ils sont généralement coniques. Alors, en appliquant le premier obturateur à leur bout le plus étroit, et les remplissant par le plus large, on y laisse tomber d'abord un diaphragme proportionné à cette moindre dimension, puis un plus large, qui s'arrête plus haut dans le liquide supérieur. J'ai tenu des combinaisons liquides en observation pendant des années entières dans des tubes ainsi préparés. Leurs longueurs doivent d'ailleurs être mesurées soigneusement entre les plans qui les terminent, au moyen de compas d'épaisseurs très exacts.

» Les tubes de métal se remplissent et se ferment par un procédé différent. Je mesure d'abord leur longueur totale T avant que les bouchons qui les terminent y soient adaptés; puis je les y ajoute, je les enfonce à refus, et je marque sur leur contour extérieur le cercle où ils s'arrêtent. Soient D, D′ les distances de ces cercles à chaque extrémité; je mesure alors exactement la profondeur de chaque bouchon, depuis son orifice jusqu'à la face interne de l'obturateur qui le termine. Soient Δ, Δ' ces distances. L'épaisseur du liquide introduit sera évidemment $T+\Delta-D+\Delta'-D'$ lorsque les deux bouchons seront enfoncés jusqu'au refus.

» Or l'un des bouchons, celui qui doit rester inférieur quand on remplit le tube, est plein sur tout son contour, et le bout du tuyau auquel il s'adapte ne porte non plus aucune ouverture. Après avoir revêtu cette extrémité d'une couche de lut presque imperceptible, j'y adapte son bouchon, mais sans l'enfoncer à refus, et en lui laissant au contraire une certaine longueur de course, ce qui allonge le tube d'une quantité égale à ce reste. Alors, intervertissant ce système ainsi préparé, je verse le liquide dans le tube jusqu'à le remplir, non pas totalement, mais jusqu'à une très petite ouverture circulaire pratiquée tout près de son orifice pour laisser échapper, tout-à-l'heure, les dernières bulles d'air qui s'y logeraient. Le bouchon qui s'adapte à cette extrémité est percé aussi d'un petit trou correspondant. Ainsi, quand le tube est rempli jusqu'à cette ouverture et que le bouchon y est inséré à refus, il reste au-dessus du liquide un petit espace rempli seulement d'air. Mais cet air s'exclut complétement avec la plus grande facilité en profitant du reste de course du bouchon inférieur : car en l'enfonçant un peu davantage, il pousse devant lui la colonne liquide dans la portion restée vide, ce qui chasse l'air qui s'y tenait. Quand on voit

ainsi le tube complétement rempli, on tourne le bouchon supérieur, ce qui ferme la petite ouverture et retient le liquide seul emprisonné. Alors on mesure, avec un bout de décimètre divisé, la longueur de course qui reste encore entre l'orifice du bouchon inférieur et son indice circulaire de refus; et si cette longueur est H, l'épaisseur totale du liquide compris entre les faces intérieures des obturateurs est évidemment $T + \Delta - D + \Delta' - D' + H$; de sorte qu'elle est toujours exactement connue. J'ai à peine besoin de dire qu'ici, comme dans les tubes en verre, on peut introduire, dans les parties déjà versées du liquide, des diaphragmes à ressort, pour prévenir les réflexions sur les parois internes des tubes employés.

VI. *Des supports à fourchettes destinés à porter des tubes d'observation.*

» Ces supports sont représentés *fig.* 4:

ils se composent inférieurement d'une tige métallique, dont le pied s'insère, et se fixe à vis, dans la rainure de la table, après qu'on l'a dirigée exactement dans le plan où s'opère la réflexion. Cette opération, assez délicate, ne peut s'effectuer utilement qu'après avoir élevé à la hauteur du rayon réfléchi les fourchettes qui les terminent, et les avoir inclinées par un mouvement de charnière qui leur est propre, sur la direction de ce rayon. Quand on les a disposées ainsi approximativement, on y place un des plus longs tubes d'observation vide, et l'on achève de les ajuster de manière que le rayon réfléchi parcoure exactement le tube suivant son axe central. Ce résultat obtenu, on serre les vis qui fixent les pieds des supports ainsi que les charnières, et l'on constate de nouveau que l'exactitude de la transmission rectiligne s'est conservée. Comme il serait fort pénible de recommencer cette rectification délicate chaque fois que l'on change de tube, on l'évite d'abord, pour les tubes

de verre, en donnant des diamètres égaux à toutes leurs enveloppes métalliques, de sorte que la direction des fourchettes une fois établie pour l'un d'entre eux se trouve l'être pour tous les autres. On établit aussi une égalité pareille entre tous les diamètres extérieurs des tubes de métal. Mais comme ceux-ci sont généralement beaucoup moindres, et qu'il ne serait pas à propos de les grossir inutilement, on a une pièce de métal auxiliaire S, qui s'ajuste dans les deux fourchettes, de manière qu'en y posant simplement ces tubes, ils se trouvent tout de suite centrés, quand les premiers le sont. Alors l'ajustement n'a besoin d'être opéré que pour une classe de tubes; et une fois qu'il l'est, on n'a jamais besoin d'y revenir, puisque toutes les observations peuvent se faire en tournant seulement l'alidade mobile, sans déranger aucune des relations précédemment établies entre les diverses parties de l'appareil. C'est là un des motifs qui m'a fait insister pour qu'il fût établi invariablement, et à demeure, dans un cabinet uniquement consacré à ces expériences. Car, une fois qu'il est ainsi exactement réglé, avec toutes les précautions que je viens de décrire il n'y a plus à y retoucher pendant des années entières; et l'on n'a seulement qu'à vérifier de temps à autre l'exactitude de la polarisation, ainsi que la position du point zéro, qui y correspond sur le cercle divisé. Ceci est un avantage qu'on ne peut suffisamment apprécier qu'après en avoir été privé, et avoir éprouvé par expérience toutes les difficultés, ainsi que toutes les occasions d'erreur que présentent des appareils de ce genre, lorsqu'il faut sans cesse revenir sur les rectifications dont ils ont besoin. Les fourchettes à double calibre ont été très bien exécutées par M. Soleil, opticien à Paris.

Détermination numérique du pouvoir rotatoire moléculaire, d'après les observations.

» Les principes sur lesquels cette détermination repose ont été développés avec trop de détail dans les Mémoires et les *Comptes rendus* de l'Académie pour qu'il soit nécessaire de les reproduire ici. Je me bornerai donc à rappeler que le pouvoir rotatoire moléculaire d'une substance est l'arc de déviation qu'elle imprimerait au plan de polarisation du rayon rouge extrême du spectre, en agissant isolément sur lui avec une épaisseur égale à l'unité de longueur, et une densité idéale 1. Je nomme $[\alpha]$ ce pouvoir ainsi exprimé. D'après cela, concevons que la substance active ne soit pas observée isolément, mais à l'état de simple mélange avec un liquide inactif, de sorte que ε soit sa proportion pondérale dans chaque unité de masse de la solution. Soit l la longueur du tube d'observation, δ la den-

sité du mélange, α l'arc de déviation imprimé au plan de polarisation du rayon rouge, le pouvoir moléculaire $[\alpha]$ de la substance active ainsi étudiée, s'obtiendra par la formule suivante

$$[\alpha] = \frac{\alpha}{l\varepsilon\delta}.$$

» On peut en voir des applications numériques dans les Mémoires de l'Académie, et dans les *Comptes rendus;* celui du 21 novembre 1839, en particulier, en renferme des exemples de toute espèce. Mais, si l'on voulait faire une étude spéciale des phénomènes rotatoires, et approfondir les conséquences que la chimie peut en déduire, ces exemples ne serviraient qu'imparfaitement sans la connaissance des principes qui les établissent. Alors, pour en avoir une idée complète, il faudrait recourir aux ouvrages suivants:

» Mémoire sur les rotations que certaines substances impriment aux plans de polarisation des rayons lumineux (*Mémoires de l'Académie des Sciences*, tome II, 1817);

» Mémoire sur la polarisation circulaire, et ses applications à la chimie organique (*Mémoires de l'Académie des Sciences*, tome XIII, p. 39);

» Mémoire sur les modifications que la fécule et la gomme subissent sous l'influence des acides (*Mémoires de l'Académie des Sciences*, t. XIII, p. 437);

» Méthodes mathématiques et expérimentales pour discerner les mélanges et les combinaisons chimiques définies ou non définies qui agissent sur la lumière polarisée; suivies d'applications aux combinaisons de l'acide tartrique avec l'eau, l'alcool et l'esprit de bois (*Mémoires de l'Académie des Sciences*, tome XV, p. 93);

» Mémoire sur plusieurs points fondamentaux de mécanique chimique (*Mémoires de l'Académie des Sciences*, tome XVI, p. 229);

» Applications de la polarisation circulaire à l'analyse de la végétation des graminées (*Nouvelles Annales du Muséum*, tome III, p. 47);

» Comparaison des lois suivant lesquelles les substances douées du pouvoir rotatoire dispersent les plans de polarisation des rayons lumineux d'inégale réfrangibilité (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 6 juin 1836, tome II).

» Dans toute cette suite de recherches, j'ai caractérisé le sens actuel des déviations par la désignation du sens de mouvement que l'observateur est obligé d'imprimer à l'alidade mobile pour rendre l'image extraordinaire E nulle, et retrouver ainsi la nouvelle direction sur laquelle le plan

de polarisation primitif a été transporté, en supposant toujours que le point zéro de la polarisation primitive, a été préalablement amené vers le sommet supérieur du cercle divisé. Les choses étant disposées ainsi, lorsque le mouvement de l'alidade a lieu de la gauche vers la droite de l'observateur, je l'ai indiqué par le signe + joint au caractère ↗. Quand il s'opère au contraire de la droite vers la gauche, je l'ai indiqué par le signe — joint au caractère ↖. En suivant cette notation, l'expérimentateur écrit toujours les déviations telles qu'il les voit, au moment où il les observe; ce qui a pour lui deux avantages: le premier d'éviter toute chance d'erreur en écrivant ses résultats; le second de les reproduire facilement à ses yeux, comme à sa pensée, lorsqu'il les relit.

» L'existence de la force rotatoire dans les fluides, avec les lois générales de dispersion qui l'accompagnent, et les indices qui la caractérisent, comme moléculaire, ont été présentés par moi à la première classe de l'Institut, dans ses séances des 23 et 30 octobre 1815. La première publication en a été faite dans le *Bulletin de la Société Philomatique* pour décembre 1815, page 190. »

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur les fonctions alternées qui se présentent dans la théorie des mouvements planétaires; par* M. AUGUSTIN CAUCHY.

§ III. *Transformation des coordonnées rectangulaires en coordonnées polaires.*

« Adoptons les mêmes notations que dans les deux premiers paragraphes (voir le numéro précédent). Soient en conséquence

r le rayon vecteur mené de l'origine à un point mobile,

ω la vitesse de ce point,

K le moment linéaire de cette vitesse,

δ l'angle compris entre les directions du rayon vecteur et de la vitesse;

et désignons par

$$x,\ y,\ z;\quad u,\ v,\ w;\quad \mathrm{U},\ \mathrm{V},\ \mathrm{W},$$

les projections algébriques des trois quantités

$$r,\quad \omega,\quad \mathrm{K},$$

sur les axes rectangulaires de x, y, z. Soient de plus

ι l'angle formé par la direction du moment linéaire K avec le demi-axe des z positives,

χ l'angle formé avec le demi-axe des x positives par la projection $K \sin \iota$ du moment linéaire K sur le plan des x, y,

$\varphi = \chi + \frac{\pi}{2}$ l'angle polaire formé avec le demi-axe des x positives par la trace du plan du moment de la vitesse sur le plan des x, y;

et p l'angle renfermé, dans le plan du moment de la vitesse, entre la trace dont il s'agit et le rayon vecteur r. En supposant cet angle compté positivement dans un sens tel, que z et $\sin p$ soient des quantités de même signe, on trouvera non-seulement

$$U = K \sin \iota \cos \chi, \quad V = K \sin \iota \sin \chi, \quad W = K \cos \iota,$$

ou, ce qui revient au même,

$$(1) \qquad U = K \sin \iota \sin \varphi, \quad V = -K \sin \iota \cos \varphi, \quad W = K \cos \iota,$$

mais encore

$$(2) \qquad x \cos \varphi + y \sin \varphi = r \cos p, \quad z = r \sin p \sin \iota.$$

D'ailleurs les équations

$$(3) \qquad U = wy - vz, \quad V = uz - wx, \quad W = vx - uy,$$

entraîneront la suivante

$$Ux + Vy + Wz = 0,$$

qui, en vertu des formules (1), jointes à la seconde des équations (2), deviendra

$$(4) \qquad y \cos \varphi - x \sin \varphi = r \sin p \cos \iota,$$

et les formules (2) et (4) donneront

$$(5) \left\{ \begin{array}{l} x = r(\cos p \cos \varphi - \sin p \sin \varphi \cos \iota), \quad y = r(\cos p \sin \varphi + \sin p \cos \varphi \cos \iota), \\ \qquad\qquad z = r \sin p \sin \iota. \end{array} \right.$$

Enfin, si l'on nomme υ la projection de la vitesse ω sur le rayon vecteur r, cette projection étant prise avec le signe $+$ ou le signe $-$, suivant que le point mobile s'éloigne ou se rapproche de l'origine, on aura

$$\upsilon = \omega \cos\delta = \frac{ux + vy + wz}{r},$$

par conséquent

$$(6) \qquad ux + vy + wz = \upsilon r,$$

et, à l'aide des équations (3), on pourra facilement éliminer de la formule (6) deux des quantités u, v, w. On reconnaîtra ainsi que ces trois quantités se trouvent séparément liées à la vitesse υ par les trois formules

$$u = \frac{x}{r}\upsilon + \frac{Vz - Wy}{r^2}, \quad v = \frac{y}{r}\upsilon + \frac{Wx - Uz}{r^2}, \quad w = \frac{z}{r}\upsilon + \frac{Uy - Vx}{r^2},$$

dont la dernière, eu égard aux formules (1) et (2), peut s'écrire comme il suit :

$$(7) \qquad w = \left(\upsilon \sin p + \frac{K}{r}\cos p\right)\sin\iota.$$

» Les équations (6), (7), (8), (9), (10), (11), (12) du second paragraphe fournissent les valeurs numériques des quinze expressions de la forme

$$[S, T] \quad \text{ou} \quad [T, S],$$

que l'on peut obtenir en prenant pour S et T, deux des six quantités

$$U, V, W, r, \omega, z.$$

Or, concevons qu'à ces mêmes quantités, on substitue les suivantes

$$K, \iota, \varphi, r, \omega, p,$$

qui sont liées aux premières par les formules (1) et par la dernière des équations (2). Les quinze valeurs numériques des fonctions alternées que l'on pourra composer avec les six dernières quantités, se déduiront encore aisément, eu égard à la formule (5) du § Ier, des équations (6), (7), (8), (9), (10), (11), (12) du § II. Ces équations donneront

effectivement

$$(8)\quad \left\{\begin{array}{lll} [\iota,\ \varphi] = \frac{\operatorname{cos\acute{e}c}\iota}{K}, & [\iota,\ K] = 0, & [\varphi,\ K] = 0; \\ [r,\ K] = 0, & [r,\ \iota] = 0, & [r,\ \varphi] = 0; \\ [\omega,\ K] = 0, & [\omega,\ \iota] = 0, & [\omega,\ \varphi] = 0; \\ [p,\ K] = 1, & [p,\ \iota] = \frac{\cot\iota}{K}, & [p,\ \varphi] = 0; \\ & [p,\ r] = 0; & \\ & [p,\ \omega] = \frac{K}{\omega r^2}; & \\ & [r,\ \omega] = \cos\delta. & \end{array}\right.$$

§ IV. *Des fonctions alternées qui se présentent dans la théorie du mouvement d'un point libre, sollicité par une force qui émane d'un centre fixe.*

» Considérons un point mobile qui se meuve librement autour d'un centre fixe, duquel émane une force attractive ou répulsive, variable avec la distance. Soient, au bout du temps t,

x, y, z les coordonnées du point mobile rapportées à trois axes rectangulaires qui passent par le centre fixe;

r le rayon vecteur mené du centre fixe, c'est-à-dire, de l'origine au point mobile;

$f(r)$ la force accélératrice qui émane du centre fixe, prise avec le signe $+$ ou le signe $-$, suivant que le centre fixe attire ou repousse le point mobile;

enfin u, v, w les projections algébriques de la vitesse ω du point mobile sur les axes des x, y, z. Le mouvement pourra être représenté par le système des six équations différentielles

$$D_t x = u, \quad D_t y = v, \quad D_t z = w,$$
$$D_t u = -\frac{x}{r} f(r), \quad D_t v = -\frac{y}{r} f(r), \quad D_t w = -\frac{z}{r} f(r),$$

desquelles on tirera

$$\omega D_t \omega = f(r) D_t r,$$
$$D_t(wy - vz) = 0, \quad D_t(uz - wx) = 0, \quad D_t(vx - uy) = 0;$$

par conséquent

$$(1) \qquad \tfrac{1}{2}\omega^2 = f(r) + \mathrm{H},$$

$$(2) \qquad wy - vz = \mathrm{U}, \quad uz - wx = \mathrm{V}, \quad vx - uy = \mathrm{W},$$

H, U, V, W désignant quatre constantes arbitraires, et $f(r)$ une nouvelle fonction de r dont la dérivée $f'(r)$ sera égale à $-\,\mathrm{f}(r)$. Or, comme les équations (2) donneront

$$\mathrm{U}x + \mathrm{V}y + \mathrm{W}z = 0,$$

il est clair que la courbe décrite par le point mobile sera une courbe plane dont le plan renfermera le centre fixe. D'ailleurs les *nœuds* de cette courbe n'étant autre chose que ceux de ses points qui se trouvent situés dans le plan des x, y, l'intersection de ce dernier plan avec le plan de la courbe sera ce qu'on nomme la *ligne des nœuds*. Cela posé, si, en adoptant les notations du troisième paragraphe, on suppose les constantes arbitraires

$$\mathrm{K},\ \iota,\ \varphi$$

liées aux constantes arbitraires

$$\mathrm{U},\ \mathrm{V},\ \mathrm{W}$$

par les formules

$$(3) \qquad \mathrm{U} = \mathrm{K}\sin\iota\sin\varphi, \quad \mathrm{V} = -\,\mathrm{K}\sin\iota\cos\varphi, \quad \mathrm{W} = \mathrm{K}\cos\iota,$$

et les variables p, r, liées aux variables x, y, z, par les formules

$$(4) \quad x\cos\varphi + y\sin\varphi = r\cos p, \quad y\cos\varphi - x\sin\varphi = r\sin p\cos\iota, \quad z = r\sin p\sin\iota,$$

la quantité K représentera le moment linéaire de la vitesse, U, V, W étant les projections algébriques de ce moment linéaire sur les axes des x, y, z; ι désignera l'inclinaison du plan de la courbe sur le plan des x, y, ou le supplément de cette inclinaison, et φ l'angle polaire, formé par la ligne des nœuds avec l'axe des x; enfin r, p représenteront deux coordonnées polaires, mesurées dans le plan de la courbe que décrit le point mobile, r étant le rayon vecteur mené de l'origine à ce point, et p l'angle polaire que forme le rayon vecteur avec la ligne des nœuds.

» Soient d'ailleurs δ l'angle formé par la direction du rayon vecteur

avec celle de la vitesse ω, et

$$v = \omega \cos \delta = \frac{ux + vy + wz}{r},$$

la projection de cette vitesse sur le rayon vecteur r, prise avec le signe $+$ ou le signe $-$, suivant que le point mobile s'éloigne ou s'approche du centre fixe. En différentiant par rapport à t le rayon vecteur r et l'ordonnée

$$z = r \sin p \sin \iota,$$

on trouvera successivement

$$(5) \qquad D_t r = v,$$

et

$$w = D_t z = (v \sin p + r \cos p D_t p) \sin \iota,$$

par conséquent

$$D_t p = \frac{w - v \sin p \sin \iota}{r \cos p \sin \iota},$$

puis, eu égard à la formule (7) du § III,

$$(6) \qquad D_t p = \frac{K}{r^2}.$$

Ajoutons que des formules (4), différentiées par rapport à t, l'on tirera

$$u \cos \varphi + v \sin \varphi = D_t (r \cos p), \quad v \cos \varphi - u \sin \varphi = \cos \iota D_t (r \sin p),$$

$$w = \sin \iota D_t (r \sin p),$$

et par suite

$$\begin{aligned} \omega^2 = u^2 + v^2 + w^2 &= (u \cos \varphi + v \sin \varphi)^2 + (v \cos \varphi - u \sin \varphi)^2 + w^2 \\ &= [D_t (r \cos p)]^2 + [D_t (r \sin p)]^2, \end{aligned}$$

ou, ce qui revient au même,

$$(7) \qquad \omega^2 = (D_t r)^2 + (r D_t p)^2.$$

On peut au reste établir directement les formules (5), (6), (7), desquelles on tire

$$\omega^2 = v^2 + \frac{K^2}{r^2},$$

puis, eu égard à l'équation (1),

$$(8) \qquad v^2 = 2H - \frac{K^2}{r^2} + 2f(r).$$

La valeur de v étant déterminée par l'équation (8) en fonction de r, on déduira aisément des formules (5) et (6) la relation qui existe entre r et t ou r et p. En effet, ces formules donneront

$$dt = \frac{1}{v}\,dr, \quad dp = \frac{K}{vr^2}\,dr;$$

puis on en conclura, en désignant par ι une valeur particulière du rayon r, et par τ, ϖ les valeurs correspondantes des variables t et p,

$$(9) \qquad t - \tau = \int_\iota^r \frac{1}{v}\,dr, \quad p - \varpi = K\int_\iota^r \frac{1}{vr^2}\,dr.$$

» Les six équations (1), (2) et (9), desquelles on peut éliminer

$$r,\ \omega,\ K \quad \text{et} \quad v,$$

à l'aide des formules

$$(10) \quad r = \sqrt{x^2+y^2+z^2}, \quad \omega = \sqrt{u^2+v^2+w^2}, \quad K = \sqrt{U^2+V^2+W^2},$$

et de l'équation (8), peuvent être considérées comme établissant entre les variables

$$t,\ x,\ y,\ z,\ u,\ v,\ w,$$

des relations qui changent avec les valeurs des sept constantes arbitraires

$$\tau,\ H,\ \varpi,\ \iota,\ U,\ V,\ W.$$

» Concevons maintenant que l'on attribue à l'une de ces constantes, à ι par exemple, une valeur déterminée; les valeurs des six autres constantes arbitraires

$$\tau,\ H,\ \varpi,\ U,\ V,\ W,$$

pourront se déduire des équations (1), (2) et (9), jointes aux formules (8), (10), et s'exprimer en fonction des seules variables

$$t,\ x,\ y,\ z,\ u,\ v,\ w.$$

Or, si l'on substitue ces mêmes valeurs, combinées deux à deux de toutes les manières possibles, à la place de S et de T, dans la fonction alternée désignée par [S, T] ou [T, S], on obtiendra en tout quinze valeurs numériques de cette fonction alternée, qui se calculeront aisément à l'aide des formules établies dans les paragraphes précédents. Entrons à ce sujet dans quelques détails.

» En considérant ω comme une fonction de r et de H déterminée par la formule (1), on tirera des équations (8), (11), (12) du second paragraphe, jointes aux équations (7) et (10), [*ibid.*], et à la formule (6) du § III,

$$(11)\qquad [H, U] = 0, \quad [H, V] = 0, \quad [H, W] = 0,$$

$$(12)\qquad [z, H] = w,$$

$$(13)\qquad [r, H] = v.$$

Pareillement les 7ᵉ, 8ᵉ, 9ᵉ et 14ᵉ formules comprises, sous le n° 8, dans le § II, donneront

$$(14)\qquad [H, K] = 0, \quad [H, \iota] = 0, \quad [H, \varphi] = 0,$$

$$(15)\qquad [p, H] = \frac{K}{r^2}.$$

On pourrait, au reste, déduire les équations (14) des équations (11) combinées avec les formules (3), et la formule (15) de la formule (12).

» En considérant r comme une fonction de t, τ, H et K, déterminée par la première des équations (9), jointe à la formule (8), on tirera des formules (11), jointes aux trois dernières formules du § Iᵉʳ, et aux équations (7) du § II,

$$(16)\qquad [\tau, U] = 0, \quad [\tau, V] = 0, \quad [\tau, W] = 0.$$

De plus l'équation (13), jointe à la première des formules (14) et à la suivante

$$D_\tau r = -D_t r = -v,$$

donnera

$$(17)\qquad [H, \tau] = 1.$$

Ajoutons que des formules (16), combinées avec les équations (3), on

tirera

$$(18) \qquad [\tau, K] = 0, \quad [\tau, \iota] = 0, \quad [\tau, \varphi] = 0.$$

» En considérant p comme une fonction de

$$t, \tau, H, K \text{ et } \varpi$$

déterminée par le système des équations (9) jointes à la formule (8), on aura

$$D_\tau p = -D_t p = -\frac{K}{r^2}, \quad D_\varpi p = 1.$$

Cela posé, les 10ᵉ, 11ᵉ et 12ᵉ formules inscrites sur le n° 8, dans le § III, jointes aux trois premières et aux équations (14), (18), donneront

$$(19) \qquad [\varpi, K] = 1, \quad [\varpi, \iota] = \frac{\cot \iota}{K}, \quad [\varpi, \varphi] = 0,$$

tandis que la formule (15) donnera

$$(20) \qquad [\varpi, H] = 0.$$

Ajoutons que les formules (19), combinées avec les équations (3), donneront

$$(21) \qquad [\varpi, U] = \frac{\sin \varphi}{\sin \iota}, \quad [\varpi, V] = -\frac{\cos \varphi}{\sin \iota}, \quad [\varpi, W] = 0,$$

ou, ce qui revient au même,

$$(22) \qquad \frac{[\varpi, U]}{U} = \frac{[\varpi, V]}{V} = \frac{K}{U^2 + V^2}, \quad [\varpi, W] = 0.$$

On pourrait au reste déduire directement les formules (20) et (21) des formules (11) et (9) du § II.

» Il nous reste à développer la treizième des formules comprises sous le n° 8 dans le troisième paragraphe, c'est-à-dire la formule

$$[p, r] = 0.$$

Or de cette formule, jointe à celle que nous venons d'obtenir, et aux

équations (16), on déduit immédiatement la suivante

$$\upsilon[\varpi, \tau] = D_K r - \upsilon D_H p,$$

dans laquelle r est considéré comme fonction de t, τ, H, K; et p comme fonction de r, ϖ, H, K, ces fonctions étant déterminées par les équations (8), jointes à la formule (9). Comme on a d'ailleurs, sous ces conditions,

$$D_K r = -\upsilon \int_\iota^r D_K \left(\frac{1}{\upsilon}\right) dr, \quad D_H p = K \int_\iota^r \frac{1}{r^2} D_H \left(\frac{1}{\upsilon}\right) dr,$$

et par suite, eu égard à la formule $D_K \upsilon = -\frac{K}{r^2} D_H \upsilon$,

$$D_K r = \upsilon D_K p,$$

on trouvera définitivement

(23) $$[\varpi, \tau] = 0.$$

» En résumé, si, en attribuant à la constante ι une valeur déterminée, on tire des équations (1), (2) et (9), jointes aux formules (8), (10), les valeurs des six constantes arbitraires

$$\tau, \ H, \ \varpi, \ U, \ V, \ W,$$

exprimées en fonction des variables

$$t, \ x, \ y, \ z, \ u, \ v, \ w,$$

les quinze valeurs numériques que pourra obtenir la fonction alternée

$$[S, T] \quad \text{ou} \quad [T, S],$$

quand on prendra pour S et T deux des six quantités

$$\tau, \ H, \ \varpi, \ U, \ V, \ W,$$

seront fournies par le tableau suivant :

(24) $$\left\{\begin{array}{lll} [V, W] = U, & [W, U] = V, & [U, V] = W, \\ [H, U] = 0, & [H, V] = 0, & [H, W] = 0, \\ [\tau, U] = 0, & [\tau, V] = 0, & [\tau, W] = 0, \\ [\varpi, U] = \dfrac{KU}{U^2+V^2}, & [\varpi, V] = \dfrac{KV}{U^2+V^2}, & [\varpi, W] = 0, \\ & [H, \tau] = 1, & \\ & [\varpi, H] = 0, & \\ & [\varpi, \tau] = 0; & \end{array}\right.$$

la valeur de K étant donnée par la dernière des équations (10).

» Si aux trois quantités

$$U,\ V,\ W,$$

on substitue celles qui sont liées avec elles par les formules (3), savoir,

$$K,\ \iota \text{ et } \varphi,$$

les douze premières équations, renfermées dans le tableau qui précède, se trouveront remplacées par les suivantes :

$$(25)\quad \left\{\begin{array}{lll} [\iota,\ \varphi] = \dfrac{\operatorname{cos\acute{e}c}\iota}{K}, & [\iota,\ K] = 0, & [\varphi,\ K] = 0, \\ [H,\ K] = 0, & [H,\ \iota] = 0, & [H,\ \varphi] = 0, \\ [\tau,\ K] = 0, & [\tau,\ \iota] = 0, & [\tau,\ \varphi] = 0, \\ [\varpi,\ K] = 0, & [\varpi,\ \iota] = \dfrac{\cot \iota}{K}, & [\varpi,\ \varphi] = 0. \end{array}\right.$$

» Les formules (24) et (25) se rapportent au cas où l'on suppose la valeur de ι complétement déterminée, et plusieurs d'entre elles pourront subir des modifications, si l'on suppose que la constante ι, devenant arbitraire, se trouve liée d'une certaine manière aux six constantes arbitraires

$$\tau,\ H,\ \varpi,\ U,\ V,\ W,$$

ou

$$\tau,\ H,\ \varpi,\ K,\ \iota,\ \varphi.$$

Toutefois, il est important d'observer que les formules (24) et (25) continueront de subsister, sans aucune altération, si l'on prend pour ι une valeur particulière de r, correspondante à une valeur donnée υ de la vitesse υ mesurée sur le rayon vecteur r. Cette valeur particulière de r pourra être, par exemple, une valeur maximum ou minimum de r, correspondante à une valeur nulle de υ. Cela posé, on prouvera aisément que les équations (24), (25) comprennent les formules connues, relatives à la variation des éléments du mouvement elliptique. »

RAPPORTS.

CHIRURGIE. — *Rapport sur un Mémoire intitulé :* Traitement des ulcères aux jambes, sans assujétir les personnes qui en sont atteintes au repos ni au régime; *par* M. **Philippe Boyer**.

(Commissaires, MM. Duméril, Breschet, Larrey rapporteur.)

« L'Académie nous a chargés, MM. Duméril, Breschet et moi, d'examiner un Mémoire qui lui a été communiqué par M. le docteur Philippe Boyer, fils de notre ancien et célèbre confrère.

» Ce Mémoire a pour objet un nouveau traitement des ulcères aux jambes sans assujétir les personnes qui en sont atteintes au repos ni à aucun régime.

» Deux cent trente-sept individus ont été soumis à ce mode de traitement particulier, et ce sont les observations de ces sujets qui ont servi de base au Mémoire de M. Boyer, qu'on peut diviser en trois parties.

» Dans la première l'auteur fait l'histoire de cette maladie et en expose toutes les variétés; ensuite il cherche à expliquer le développement des ulcères aux jambes et il croit avoir démontré par des chiffres ou par le nombre des cas qu'il a vus, que ces ulcères sont plus fréquents à la jambe gauche, à son côté interne et à son tiers inférieur.

» Dans la deuxième partie M. Boyer expose les causes qui les produisent et les accidents ou affections particulières qui les compliquent.

» Enfin M. le docteur Boyer passe au traitement spécial de cette maladie; cependant, pour en obtenir tout le succès qu'on peut en espérer, il établit pour condition essentielle que l'ulcère doit être simple, c'est-à-dire qu'il ne soit compliqué d'aucune cause morbifique spontanée telle que le virus siphilitique, cancéreux, etc. Il choisit ceux qui sont le résultat de contusions, de déchirures ou de plaies non cicatrisées, et ce traitement consiste dans l'application de bandelettes de sparadrap, de diachylum gommé de deux à trois centimètres de largeur imbriquées les unes sur les autres, avec lesquelles on recouvre l'ulcère dans toute son étendue et au-delà, de manière qu'elles dépassent ses bords en haut et en bas dans une étendue d'environ trois centimètres.

» Ensuite M. Boyer enveloppe la jambe (depuis le pied jusque au-dessus du mollet) à l'aide d'une bande de calicot avec laquelle il exerce une com-

pression uniforme. Ce pansement fait, non-seulement il permet à ses malades de marcher, mais il leur recommande l'exercice, et il ne renouvelle le pansement que tous les trois, quatre ou cinq jours, selon que la suppuration de l'ulcère est plus ou moins abondante.

» M. Boyer ajoute à son Mémoire le précis des deux cent trente-sept observations qu'il a recueillies dans sa pratique au bureau central ou à l'hôpital Saint-Louis; les sujets sont des personnes du peuple (hommes et femmes) dont 125 ont été conduits à une complète guérison en tres peu de temps : des complications plus ou moins graves et signalées par ce médecin l'ont empêché d'obtenir ce même succès chez les autres.

» Vos Commissaires ne peuvent qu'approuver cette méthode qui a été préconisée et mise en pratique par les médecins arabes et réussit très fréquemment. En effet, elle a le double avantage de priver ces solutions de continuité du contact de l'air extérieur, d'exercer une compression uniforme et inamovible sur tout le membre et de faciliter la cicatrisation de ces plaies par les propriétés dessiccatives de l'emplâtre qui contient une certaine quantité d'oxide de plomb : aussi obtient-on dans les mêmes cas des succès analogues de l'usage de lames de ce métal.

» En résumé vos Commissaires pensent que cette méthode simple et économique, que M. le docteur Boyer a employée avec de grands succès chez les personnes indigentes du peuple, mérite l'approbation de l'Académie. »

Les conclusions de ce Rapport sont adoptées.

MÉMOIRES LUS.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Nouvelles recherches sur l'essence de térébenthine; par* M. **Deville.**

(Commissaires, MM. Thenard, Dumas, Pelouze.)

« J'ai eu l'honneur de présenter à l'Académie, au mois de janvier dernier, un Mémoire intitulé : *Études sur l'essence de térébenthine*, pour l'examen duquel il a été nommé une Commission. Depuis, j'ai eu le temps d'augmenter mon travail et de le remanier en cherchant un lien entre les faits qui se sont présentés à moi. C'est mon travail ainsi modifié que je désire soumettre à mes Commissaires et dont je prie l'Académie d'écouter le court résumé.

» Je crois être arrivé à la démonstration de ce principe que, l'essence de térébenthine étant considérée comme une substance homogène, donne naissance à un nombre illimité de substances isomériques avec elles et pouvant, dans certains cas, présenter des caractères chimiques et physiques tels, qu'ils permettent d'établir bien nettement des différences entre elles et avec l'essence de térébenthine elle-même. La loi qui règle leur formation est bien simple : tout réactif qui agit sur l'essence et sur ces substances elles-mêmes pour les dégager d'une combinaison dont elles font partie les modifie dans leur état moléculaire et les transforme en d'autres substances qui quelquefois n'ont de commun avec celle qui leur a donné naissance que la composition élémentaire. Ainsi donc, chaque réaction crée un nouveau corps.

» C'est dans ces circonstances que se produisent les camphres liquides (hydro-chlorate, hydro-bromate, hydriodate) de térébenthine. De même aussi lorsque l'on veut, en traitant par la chaux ces camphres et même les camphres solides, enlever à l'acide la base huileuse qu'il retient, on obtient toujours, non pas cette base elle-même, mais un corps isomérique avec elle. Celui-ci est susceptible lui-même d'en produire un troisième après sa combinaison avec un acide et la destruction par un alcali du composé qui prend naissance, et ainsi de suite. Dans un catalogue que l'on peut faire de ces corps dérivés de l'essence de térébenthine, le nombre de réactions qui ont été nécessaires pour arriver à leur production déterminerait la classe à laquelle ils doivent appartenir.

» J'ai d'abord étudié la série de corps qui donnent naissance aux produits liquides. La base du camphre liquide, le térébène, que l'on ne peut isoler de ses combinaisons, mais que j'ai pu trouver dans l'un des résultats de l'action sur l'essence de térébenthine de l'acide sulfurique concentré, m'a fourni, par ses combinaisons avec les acides haloïdes, des monosels et des bisels dont le caractère commun est l'absence complète de rotation qui manque aussi au térébène.

» J'ai constaté que les acides hydrobromique et hydriodique donnaient des camphres artificiels avec l'essence de térébenthine, le bromhydrate seul étant solide et cristallisé, et offrant avec le chlorhydrate correspondant des ressemblances telles, qu'à la vue et à l'odeur il est impossible de ne pas les confondre. Les bases huileuses de ces combinaisons (camphène de M. Dumas) ont la même rotation, la même aussi que l'essence de térébenthine. L'hydriodate de camphène est liquide. L'acide fluorhydrique s'est refusé, seul parmi les acides haloïdes, à toute combinaison.

» La distillation de la colophane répétée un grand nombre de fois, donne exactement les mêmes résultats que l'action de l'acide sulfurique sur l'essence de térébenthine, c'est-à-dire du térébène, et un nouveau corps isomérique avec l'essence, incolore, visqueux, bouillant à 315°, volatil sans décomposition et un peu moins dense que l'eau. Sa rotation est nulle.

» J'ai en outre étudié quelques-unes des substances de seconde formation qui proviennent d'une altération moléculaire subie par les corps qui dérivent de l'essence de térébenthine.

» Enfin j'ai obtenu les combinaisons chlorées et bromées isomériques entre elles, et qui proviennent de l'altération par le chlore et le brome de l'essence et des corps qui en dérivent. Elles ont toutes cela de commun, que la chaleur les décompose en donnant du charbon, de l'acide chlorhydrique ou bromhydrique et du chlorhydrate ou du bromhydrate de la base huileuse qui a été, pour les préparer, traitée par le chlore ou le brome. Ainsi le chloro-camphène $C^{40}H^{24}Ch^{8}$ donne du charbon, de l'acide hydrochlorique et du chlorhydrate de camphène (camphre artificiel solide). Le chloro-térébène donne les mêmes produits, excepté que le camphre qui se produit est liquide.

» En outre, j'ai obtenu pour le colophène, ce corps que l'on retire de la colophane, et que produit aussi l'action de l'acide sulfurique sur l'essence, la combinaison $C^{80}H^{64}Ch^{8}$ qui correspond à la colophane $C^{80}H^{64}O^{4}$ et qui en a toute l'apparence.

» Le chlore, le brome, en agissant sur l'essence de térébenthine donnent des corps qui ont la même composition $C^{40}H^{24}Ch^{8}$, $C^{40}H^{24}Br^{8}$ que ceux dont j'ai parlé dans le précédent article. Je ferai remarquer que le térébène et l'essence de térébenthine, qui ont tous les deux la même densité, donnent naissance à des produits chlorés et bromés aussi de même densité.

» Ces chlorure et bromure d'essence de térébenthine peuvent être considérés comme des mélanges ou combinaisons de chlorures et bromures de camphène et de térébène. Aussi donnent-ils à la distillation du charbon, des acides chlorhydrique et bromhydrique et des mélanges de camphres liquides et solides ou chlorhydrates et bromhydrates de camphène et de térébène. De même la colophane peut être considérée comme un mélange des oxides de camphène et de térébène; et il est à remarquer que ces trois espèces de mélanges sont les seuls corps qui, parmi les combinaisons de l'essence de térébenthine, aient la rotation à droite. »

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

MÉDECINE. — *Observation d'une maladie nouvelle*, l'hippurie; *par* M. A. BOUCHARDAT.

(Commissaires, MM. Thénard, Dumas, Pelouze.)

« Je désigne sous le nom d'*hippurie*, dit M. Bouchardat, une maladie essentiellement caractérisée par la présence dans l'urine des adultes, d'une quantité notable d'acide hippurique avec diminution ou disparition d'urée, d'acide urique et de la matière odorante des urines. La personne chez laquelle j'ai eu l'occasion d'observer cette maladie avait été long-temps soumise à un régime essentiellement lacté et végétal : or comme ce régime est aussi essentiellement celui des jeunes enfants, dont l'urine, dans l'état de santé, contient une petite proportion d'acide hippurique, je serais porté à croire qu'un pareil régime n'est pas sans influence sur la production de ce principe qui se retrouve d'ailleurs également dans l'urine des animaux herbivores.

» M. Bouchardat établit une comparaison entre l'hippurie et d'autres maladies avec lesquelles il pense qu'on a pu quelquefois la confondre : « elle se rapproche, par exemple, dit-il, en beaucoup de points, du diabétès; mais l'examen chimique de l'urine ne permet pas de se tromper sur le diagnostic; elle a aussi un double caractère qui lui est commun avec la maladie de Bright : en effet, dans l'hippurie l'urine contient, comme je m'en suis assuré, une petite quantité d'albumine, et réciproquement dans l'autre maladie l'urine m'a offert une proportion minime à la vérité, mais bien appréciable d'acide hippurique. »

CHIRURGIE. — *Nouveau brise-pierre à pression et à percussion.*

(Commissaires, MM. Magendie, Larrey, Breschet.)

M. GUILLON soumet au jugement de l'Académie un lithotriteur qui diffère de celui de M. Heurteloup par diverses modifications, et qui est construit de manière à ce que l'opérateur peut à volonté agir simultanément ou alternativement par compression et par percussion.

Cet instrument, dont l'auteur avait déjà adressé une description à

l'Académie, et que depuis il a eu l'occasion d'appliquer sur le vivant, est muni d'une petite lame élastique, dont l'usage est d'évacuer les débris qui s'accumulent dans la branche femelle pendant l'opération.

CORRESPONDANCE.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Température sous-marine indiquée par la position de l'index d'un thermométrographe écrasé par la pression du liquide ambiant* (1), *dans un sondage où l'instrument est descendu à une grande profondeur.* — Lettre de M. DE TESSAN.

« Conformément au vœu de l'Académie, je me suis empressé de faire ouvrir l'étui en cuivre qui avait été écrasé par la pression de l'eau dans la grande sonde thermométrique faite à bord de *la Vénus*, près de l'équateur, dans l'océan Pacifique.

» L'opération a parfaitement réussi, et l'on peut affirmer que l'instrument marquait 1°,6 ou 1°,7 au-dessus de zéro au moment où l'écrasement a eu lieu; que de plus, à partir de cet instant, l'index et l'échelle n'ont pu éprouver aucun déplacement relatif, étant tenus écrasés l'un contre l'autre par les parois de l'étui, comme par les mâchoires d'un très puissant étau.

» Cette énorme compression ayant marqué sur l'échelle l'empreinte de la petite boule massive en verre coloré qui termine inférieurement l'index, il a été possible de déterminer la position de celui-ci avec beaucoup plus de précision qu'on ne pouvait espérer de le faire d'après les traces de rouille laissées par la petite tige en fer que renfermait le flotteur. Ce dernier moyen de détermination conduit toutefois très sensiblement au même résultat.

» L'action de l'aimant et des réactifs chimiques (l'acide sulfurique et l'hydro-ferro-cyanate de potasse) n'ont laissé aucun doute sur la position réelle de cette tige et par suite sur celle de l'index.

» On peut donc conclure de cette sonde thermométrique qu'auprès de l'équateur, dans l'océan Pacifique, par 137° de longitude occidentale, l'instrument a traversé une couche d'eau dont la température était au plus 1°,6 ou 1°,7 au-dessus de zéro. »

---

(1) Voir le *Compte rendu* de la séance du 31 août, page 405.

» Quant à la profondeur de cette couche, on ne peut la préciser d'après cette expérience à cause de l'incertitude sur la pression qu'a nécessitée l'aplatissement de l'étui, et du temps assez long, indispensable à la communication de la température de l'extérieur à l'intérieur de l'instrument. On peut dire seulement que cette profondeur est tout au plus égale à 3800^{m}. »

M. C.-V. Millet adresse un paquet cacheté portant pour suscription: *Note concernant quelques découvertes sur la destruction des calculs urinaires.*

L'Académie en accepte le dépôt.

La séance est levée à quatre heures et un quart. F.

Errata. (Séance du 31 août.)

Page 381, ligne 17, au lieu de $= z$, lisez $= x$
Page *id.*, ligne 18, au lieu de $= -w$, lisez $= -u$
Page 385, ligne 7, au lieu de $\frac{w}{u}$ lisez $\frac{w}{v}$.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

L'Académie a reçu dans cette séance les ouvrages dont voici les titres :

Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie royale des Sciences; 2e semestre 1840, n° 9, in-4°.

Annales de Chimie et de Physique; par MM. Gay-Lussac, Arago, Chevreul, Savary, Dumas, Pelouze, Boussingault et Regnault; mai 1840; in-8°.

Annales des Sciences naturelles; tome 13, avril 1840, in-8°.

Annales maritimes et coloniales; par MM. Bajot et Poirré; août 1840, in-8°.

Annales de la Société royale d'Horticulture de Paris; tome 27, août 1840, in-8°.

De la délimitation des Régions végétales sur les montagnes du continent européen; par M. Ch. Martins; Paris, 1840, in-8°.

Observations sur les migrations et les mœurs des Lemmings; par le même; in-8°.

Élève des Animaux domestiques. — Sur les mots Croisement, Métisage, Appareillement, Appatronnement et Appariement, et les faits que ces mots désignent; par M. Huzard; une feuille in-8°.

Revue générale de l'Architecture et des Travaux publics; par M. Daly; feuille 29—32, in-4°, et 3 planches.

Journal des Connaissances nécessaires et indispensables, sous la direction de M. Chevalier; sept. 1840, in-8°.

Revue zoologique, par la Société cuviérienne; août 1840, in-8°.

Journal de la Société de Médecine pratique de Montpellier; sept. 1840, in-8°.

L'Ami des Sourds-Muets, journal; 2e année, juillet 1840, in-8°.

Prodromus systematis Ichthyologiæ, Caroli-Luciani Bonaparte, Muxiniani principis; in-8°.

Prodromus systematis Mastozoologiæ; par le même; in-8°.

Vergleichende... *Névrologies comparées des Myxinoïdes; par* M. Muller; Berlin, 1840, in-fol.

Gazette médicale de Paris; tome 8, n° 36.

Gazette des Hôpitaux; n° 103—105.

L'Expérience; n° 166.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES. — AOUT 1840.

Jours du mois.	9 heures du matin.			Midi.			3 heures du soir.			9 heures du soir.			Thermomètre.		État du ciel à midi.	Vents à midi.
	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygrom.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygrom.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygrom.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygrom.	Maxim.	Minim.		
1	762,16	+16,8		761,74	+19,0		760,94	+21,4		761,87	+17,9		+22,2	+10,8	Nuageux	N. E.
2	762,51	+18,4		762,13	+20,8		761,33	+22,6		761,79	+19,9		+24,0	+10,8	Très nuageux	N. N. O.
3	761,60	+21,2		760,60	+25,2		759,85	+26,0		759,30	+22,2		+27,5	+13,0	Serein	N. E.
4	759,06	+23,9		758,26	+26,9		757,31	+28,2		757,23	+23,6		+30,0	+14,5	Serein	E.
5	756,42	+24,1		755,27	+28,2		754,10	+29,8		754,36	+24,9		+31,6	+16,5	Serein	E. N. E.
6	753,85	+25,4		753,57	+29,8		753,40	+30,9		753,38	+25,0		+33,0	+16,5	Vaporeux	E.
7	754,14	+20,0		754,14	+24,7		753,54	+26,2		754,38	+21,0		+27,9	+18,0	Éclaircies	N. E.
8	755,25	+21,6		755,37	+23,5		755,04	+25,6		756,88	+21,6		+26,7	+17,8	Beau et vapeurs	E. N. E.
9	759,53	+18,2		759,32	+22,6		758,98	+23,2		759,54	+20,6		+24,3	+15,0	Nuageux	N.
10	759,00	+19,8		757,54	+22,7		756,15	+25,1		754,15	+20,5		+26,9	+13,7	Serein	N. E.
11	748,74	+23,5		747,66	+27,2		746,62	+26,5		747,16	+17,4		+28,0	+14,1	Couvert	S. O.
12	748,89	+15,0		749,65	+18,0		749,79	+19,8		750,79	+14,6		+20,5	+12,8	Pluie par moments	O. S. O.
13	750,86	+19,7		750,76	+20,8		750,25	+23,5		749,81	+16,5		+23,8	+13,1	Quelques éclaircies	S. O.
14	746,14	+18,0		748,92	+19,2		750,59	+18,0		753,89	+15,0		+21,1	+16,4	Couvert	O.
15	755,57	+18,8		755,42	+19,4		755,86	+16,9		756,79	+14,1		+19,9	+11,0	Nuageux	S. O.
16	758,10	+16,7		757,03	+19,2		756,42	+20,5		755,33	+15,3		+20,5	+11,0	Couvert	O.
17	748,93	+17,1		746,28	+17,0		744,80	+17,0		747,82	+12,5		+17,6	+11,5	Couvert	S. S. O. viol.
18	748,56	+16,2		749,52	+17,8		750,25	+19,3		752,77	+16,0		+20,2	+11,2	Gouttes de pluie	O. violent.
19	751,96	+18,7		751,66	+22,4		751,77	+21,5		754,78	+18,8		+23,4	+13,9	Couvert	O.
20	758,47	+17,0		757,93	+21,0		757,25	+23,5		757,03	+19,6		+24,9	+16,0	Serein	N. O.
21	755,04	+22,1		753,83	+25,3		753,13	+26,6		752,46	+21,2		+27,5	+14,8	Serein	E. S. E.
22	751,50	+18,7		752,94	+17,2		753,49	+19,9		755,12	+15,3		+21,0	+16,1	Bruine; couvert	S. O.
23	757,40	+17,6		757,06	+20,1		756,56	+22,3		756,42	+19,5		+22,8	+12,2	Nuageux	N. O.
24	756,31	+19,4		755,11	+23,8		754,21	+25,2		755,02	+20,2		+26,3	+13,0	Quelques nuages	N. E.
25	756,92	+19,7		756,28	+23,2		756,24	+24,6		757,11	+22,0		+25,6	+16,0	Beau	N. N. E.
26	759,70	+22,6		758,66	+22,6		758,17	+22,6		758,48	+19,7		+24,0	+15,0	Très nuageux	O. N. O.
27	758,43	+23,0		757,85	+25,2		756,86	+25,6		757,09	+21,2		+27,0	+15,3	Nuageux	E.
28	756,42	+19,1		756,83	+25,0		756,73	+27,2		757,96	+21,6		+28,7	+15,3	Nuageux	E.
29	759,29	+22,4		759,36	+26,5		758,68	+27,2		758,70	+23,2		+28,6	+16,4	Beau	E. N. E.
30	758,05	+21,6		757,53	+25,9		756,51	+27,0		756,52	+21,4		+28,0	+16,7	Beau	N. N. O.
31	756,[illegible]3	+20,9		755,38	+24,9		754,43	+26,6		754,58	+22,3		+27,6	+15,4	Serein	E. N. E.
1	758,35	+20,9		757,79	+24,3		757,06	+25,9		757,29	+21,7		+27,4	+14,7	Moy. du 1[er] au 10	Pluie en centim.
2	751,62	+18,1		751,48	+20,2		751,36	+20,6		752,62	+16,0		+22,0	+13,1	Moy. du 11 au 20	Cour. 3,212
3	756,93	+20,7		756,41	+23,6		755,91	+25,0		756,31	+20,7		+26,1	+15,1	Moy. du 21 au 31	Terr. 2,721
	755,67	+19,9		755,27	+22,7		754,81	+23,9		755,44	+19,5		+25,2	+14,3	Moyennes du mois	+19,8

COMPTE RENDU

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 14 SEPTEMBRE 1840.

PRÉSIDENCE DE M. PONCELET.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Méthode simple et générale pour la détermination numérique des coefficients que renferme le développement de la fonction perturbatrice; par* M. AUGUSTIN CAUCHY.

« On sait que le calcul des perturbations des mouvements planétaires repose principalement sur le développement d'une certaine fonction R en série de sinus et cosinus d'arcs qui varient proportionnellement au temps. Autrefois, pour calculer les divers coefficients que renferme cette série, on les déduisait les uns des autres. Dans le Mémoire que j'ai publié en 1831, sur la mécanique céleste, j'ai donné diverses formules à l'aide desquelles on pouvait calculer séparément chaque coefficient. Mais, quoique ces formules semblent préférables à celles qu'on avait employées avant cette époque, j'ai reconnu qu'on pouvait leur en substituer d'autres plus simples, par conséquent plus utiles, et qui permettront, si je ne me trompe, d'abréger notablement la longueur des calculs astronomiques.

» Mes nouvelles formules sont déduites de la considération des inté-

grales définies doubles. On sait depuis long-temps que les coefficients renfermés dans les intégrales du mouvement elliptique peuvent être représentés par des intégrales définies simples, et les coefficients renfermés dans le développement de la fonction perturbatrice par des intégrales définies doubles. M. Hansen, de Gotha, s'est même servi de ces dernières (*), dans sa pièce sur les perturbations de Jupiter et de Saturne, couronnée par l'Académie de Berlin. Mais le calcul des intégrales définies doubles, tel qu'on le pratiquait, était encore assez pénible, comme l'a remarqué M. Poisson, qui lui-même en avait indiqué l'usage, dans le problème qui nous occupe ici. Pour abréger les calculs, M. Liouville a proposé une méthode, à l'aide de laquelle on peut réduire à des intégrales simples, des valeurs approchées des intégrales doubles. Je me suis demandé s'il ne serait pas possible de substituer généralement, et sans rien négliger, des intégrales simples aux intégrales doubles, par une méthode qui permît de calculer facilement le coefficient du terme général, dans le développement de la fonction perturbatrice. Après quelques recherches sur ce sujet délicat, j'ai eu la satisfaction d'obtenir des formules qui résolvent la question affirmativement. Ces formules ont d'ailleurs l'avantage de conduire à de nombreux théorèmes qui ne paraissent pas sans importance dans la théorie des mouvements planétaires.

» D'après la méthode que j'ai suivie, chaque terme du développement de R se trouve composé de deux facteurs, dont l'un dépend uniquement des moyennes distances des planètes au Soleil, ou, ce qui revient au même, des grands axes de leurs orbites, des excentricités de ces orbites, et des longitudes des périhélies; tandis que l'autre facteur, représenté d'abord par une intégrale définie double, dépend uniquement des inclinaisons des orbites, de l'angle compris entre les traces de leurs plans sur le plan fixe que l'on considère, et du rapport entre les grands axes des orbites de la planète perturbatrice et de la planète troublée. Pour transformer les intégrales doubles en intégrales définies simples, il suffit d'introduire dans le calcul un certain angle qui dépend uniquement des inclinaisons des orbites et de l'angle compris entre les lignes des nœuds, puis de considérer comme termes séparés ceux qui renferment, sous le signe sinus ou cosinus, des multiples différents du nouvel angle.

(*) On peut voir aussi, sur cet objet, un beau Mémoire de M. Poisson, inséré dans la *Connaissance des temps* pour l'année 1836.

» La méthode que je propose a cela d'extraordinaire, que les perturbations des planètes non situées dans un même plan, se calculent à peu près avec la même facilité que les perturbations d'astres qui se mouvraient tous à la fois dans le plan de l'écliptique.

ANALYSE.

§ I^{er}. *Considérations générales.*

» Soient

M la masse du Soleil,
$m, m', m'', \ldots$ les masses des planètes,
$r, r', r'', \ldots$ leurs distances au centre du Soleil,
$\text{ɩ}, \ldots$ les distances de la planète m, aux planètes $m', \ldots$ et
$x, y, z; x', y', z'; x'', y'', z''; \ldots$ les coordonnées rectangulaires des diverses planètes, le centre du Soleil étant pris pour origine.

» En choisissant convenablement l'unité de masse, désignant par u, v, w les vitesses de la planète m mesurées parallèlement aux axes des x, y, z, et faisant pour abréger

$$\mathfrak{M} = \text{M} + m,$$
$$\text{R} = \frac{m'(xx' + yy' + zz')}{r'^3} + \ldots - \frac{m'}{\text{ɩ}} - , \ldots$$

on trouvera, pour les équations différentielles du mouvement de m,

$$\frac{dx}{dt} = u, \qquad \frac{dy}{dt} = v, \qquad \frac{dz}{dt} = w,$$
$$\frac{du}{dt} = -\frac{\mathfrak{M}x}{r^3} - \frac{d\text{R}}{dx}, \quad \frac{dv}{dt} = -\frac{\mathfrak{M}y}{r^3} - \frac{d\text{R}}{dy}, \quad \frac{dw}{dt} = -\frac{\mathfrak{M}z}{r^3} - \frac{d\text{R}}{dz},$$

les valeurs de $r, r', \ldots \text{ɩ}, \ldots$ étant

$$r = \sqrt{(x^2 + y^2 + z^2)} \quad r' = \sqrt{(x'^2 + y'^2 + z'^2)},$$
$$\text{ɩ} = \sqrt{[(x - x')^2 + (y - y')^2 + (z - z')^2]}, \ldots$$

Si d'ailleurs on nomme δ l'angle sous lequel la distance ɩ est vue du

centre du Soleil, c'est-à-dire, en d'autres termes l'angle compris entre les rayons vecteurs r, r', on aura

$$\cos\delta = \frac{xx' + yy' + zz'}{rr'},$$

et par suite, la valeur de R pourra s'écrire comme il suit

$$(1) \qquad R = \frac{m'r}{r'^2}\cos\delta + \ldots - \frac{m'}{v} - \ldots,$$

la valeur de v étant

$$v = (r^2 - 2rr'\cos\delta + r'^2)^{\frac{1}{2}},$$

ou, ce qui revient au même,

$$(2) \qquad v = r^{\frac{1}{2}} r'^{\frac{1}{2}} \left(\frac{r}{r'} + \frac{r'}{r} - 2\cos\delta\right)^{\frac{1}{2}}.$$

La fonction R, déterminée par l'équation (1), est celle que M. Laplace a nommée la *fonction perturbatrice*. Lorsqu'on néglige les termes qui en dépendent, les équations du mouvement de la planète m s'intègrent, et l'orbite décrite est une ellipse, dont un foyer coïncide avec le centre du Soleil.

» Soient a le demi *grand axe* de cette ellipse;

$a\varepsilon$ la distance du centre au foyer, le rapport ε étant ce qu'on nomme l'*excentricité;*

ι l'*inclinaison* du plan de l'ellipse sur le plan fixe des x, y, qui peut coïncider avec le plan invariable, relatif à notre système planétaire;

φ l'angle formé avec l'axe des x par la *ligne des nœuds*, c'est-à-dire par la trace du plan de l'orbite sur le plan des x, y;

p l'angle formé avec cette même ligne par le rayon vecteur r, ou, ce qu'on appelle la *longitude* de la planète;

ϖ la longitude du périhélie,

τ l'instant du passage de la planète m par le périhélie.

Les coordonnées rectangulaires x, y, z se trouveront liées aux coordon-

nées polaires r et p par les formules

$$(3) \quad \left\{ \begin{array}{ll} \frac{x}{r} = \cos\varphi \cos p - \sin\varphi \cos\iota \sin p, & \frac{y}{r} = \sin\varphi \cos p + \cos\varphi \cos\iota \sin p, \\ & \frac{z}{r} = \sin\iota \sin p. \end{array} \right.$$

De plus les coordonnées polaires r et p s'exprimeront en fonction de l'*anomalie excentrique* ψ, et cette anomalie elle-même en fonction du temps t, à l'aide des formules

$$(4) \qquad r = a(1 - \varepsilon \cos\psi),$$

$$(5) \qquad \cos(p - \varpi) = \frac{\cos\psi - \varepsilon}{1 - \varepsilon\cos\psi}, \quad \sin(p - \varpi) = \frac{(1 - \varepsilon^2)^{\frac{1}{2}} \sin\psi}{1 - \varepsilon\cos\psi},$$

$$(6) \qquad \psi - \varepsilon \sin\psi = c(t - \tau),$$

la valeur de c étant

$$(7) \qquad c = \left(\frac{\mathfrak{M}}{a^3}\right)^{\frac{1}{2}}.$$

Les équations (3), (4), (5), (6), déterminent, dans le mouvement elliptique de la planète m, les coordonnées x, y, z, en fonction du temps t, et des six constantes arbitraires

$$a, \ \varepsilon, \ \varpi, \ \iota, \ \varphi, \ \tau.$$

Pour passer du mouvement elliptique au mouvement troublé, il suffit d'imaginer que les constantes arbitraires

$$a, \ \varepsilon, \ \varpi, \ \iota, \ \varphi, \ \tau,$$

deviennent variables avec le temps t, leurs dérivées, relatives à t, étant exprimées en fonctions linéaires des six quantités

$$\frac{dR}{da}, \ \frac{dR}{d\varepsilon}, \ \frac{dR}{d\varpi}, \ \frac{dR}{d\iota}, \ \frac{dR}{d\varphi}, \ \frac{dR}{d\tau}$$

par des formules connues, que l'on déduit aisément des principes établis dans le précédent Mémoire, et dans lesquelles les coefficients des six quan-

tités dont il s'agit renferment seulement

$$a, \varepsilon, \varpi, \iota, \varphi, \tau.$$

L'intégration par série de ces formules s'effectue aisément lorsqu'on suppose la fonction perturbatrice R développée en une série de sinus et de cosinus d'arcs qui varient proportionnellement au temps t. Ce développement est l'objet dont nous allons maintenant nous occuper.

» Observons d'abord qu'en vertu des formules (4), (5), (6), jointes à la formule de Lagrange, les quantités

$$\psi, \quad \cos(p-\varpi), \quad \sin(p-\varpi), \quad r,$$

et par suite les quantités

$$r, \quad \cos p, \quad \sin p,$$

pourront être développées en séries de termes proportionnels aux sinus et cosinus de l'angle

$$c(t-\tau).$$

Pour abréger, nous désignerons par T cet angle qu'on nomme l'*anomalie moyenne*. Cela posé, l'équation

$$T = c(t-\tau) \tag{8}$$

réduira la formule (6) à

$$\psi - \varepsilon \sin\psi = T; \tag{9}$$

et puisque les trois quantités

$$r, \quad \cos p, \quad \sin p$$

seront développables en séries de termes proportionnels aux sinus et cosinus des multiples de T, on pourra, en vertu des formules (3), en dire autant des coordonnées

$$x, y, z,$$

ou même du rapport

$$\cos\delta = \frac{xx' + yy' + zz'}{rr'}.$$

Donc si l'on nomme

$$T,\ T',\ T'',\ldots$$

les anomalies moyennes relatives aux diverses planètes

$$m,\ m',\ m'',\ \ldots$$

R sera développable en une série de termes dont l'un quelconque sera proportionnel aux sinus ou cosinus des multiples de deux de ces anomalies. Il y a plus : comme, en vertu de formules connues, de semblables sinus ou cosinus s'exprimeront à l'aide des puissances entières positives ou négatives de deux des exponentielles

$$e^{T\sqrt{-1}},\quad e^{T'\sqrt{-1}},\ldots;$$

on aura nécessairement

$$\text{(10)}\qquad R = \sum (m, m')_{n,n'}\, e^{(nT+n'T')\sqrt{-1}};$$

n, n' étant deux quantités entières positives ou négatives, la notation

$$(m,\ m')_{n,n'}$$

désignant le coefficient du produit

$$e^{nT\sqrt{-1}}\, e^{n'T'\sqrt{-1}},$$

dans la partie du développement de R qui se rapporte aux planètes m, m', et le signe $\sum$ indiquant une somme de termes relatifs, soit aux diverses valeurs entières de n, n', soit aux diverses planètes combinées deux à deux de toutes les manières possibles.

§ II. *Sur la distance mutuelle de deux planètes, et sur leur distance apparente, vue du centre du Soleil.*

» Avant d'aller plus loin, il importe de voir comment la distance mutuelle v de deux planètes m, m', et leur distance apparente, vue du centre

du Soleil ou l'angle δ, s'expriment en fonction des coordonnées polaires p, r, p', r'.

» Soient

$$r',\ p',\ \psi',\ a',\ \varepsilon',\ \varpi',\ \iota',\ \varphi',\ \tau',$$

ce que deviennent

$$r,\ p,\ \psi,\ a,\ \varepsilon,\ \varpi,\ \iota,\ \varphi,\ \tau,$$

quand on passe de la planète m à la planète m'. La formule

$$\cos\delta = \frac{x}{r}\frac{x'}{r'} + \frac{y}{r}\frac{y'}{r'} + \frac{z}{r}\frac{z'}{r'},$$

jointe aux formules (3) du § II, donnera

$$\cos\delta = (\cos p\cos p' + \cos\iota\cos\iota'\sin p\sin p')\cos(\varphi'-\varphi) + \sin\iota\sin\iota'\sin p\sin p' - \cos\iota\cos\iota'\sin(\varphi'-\varphi)\sin(p'-p),$$

ou, ce qui revient au même,

$$(1)\qquad \cos\delta = \mu\cos(p'-p+\Pi) + \nu\cos(p+p'),$$

les valeurs de $\mu\sin\Pi$, $\mu\cos\Pi$ et ν étant fournies par les équations

$$(2)\qquad \begin{cases} \mu\sin\Pi = \cos\iota\cos\iota'\sin(\varphi'-\varphi), \\ \mu\cos\Pi = \dfrac{(1+\cos\iota\cos\iota')\cos(\varphi'-\varphi)+\sin\iota\sin\iota'}{2}, \\ \nu = \dfrac{(1-\cos\iota\cos\iota')\cos(\varphi'-\varphi)-\sin\iota\sin\iota'}{2}. \end{cases}$$

» Il est aisé de voir ce que représentent, dans la formule (1), les trois constantes

$$\mu,\ \nu,\ \Pi.$$

En effet, soit $\delta_{,}$ la valeur nouvelle que prendra l'angle δ, si des deux longitudes p, p', l'une se trouve augmentée, l'autre diminuée de $\frac{\pi}{2}$, c'est-à-dire d'un angle droit. On tirera de la formule (1)

$$\frac{\cos\delta+\cos\delta_{,}}{2} = \nu\cos(p+p'),\quad \frac{\cos\delta-\cos\delta_{,}}{2} = \mu\cos(p'-p+\Pi).$$

Donc ν représentera la demi-somme

$$\frac{\cos\delta + \cos\delta_{\prime}}{2},$$

quand on aura $p + p' = 0$, par conséquent le cosinus d'un certain angle Δ, compris dans ce cas entre les angles δ, $\delta_{\prime}$. De plus, l'angle Π sera le complément d'une valeur de $p' - p$ correspondante à $\delta_{\prime} = \delta$, et μ sera la valeur de la demi-différence

$$\frac{\cos\delta - \cos\delta_{\prime}}{2},$$

pour une valeur de $p - p'$ égale à Π.

» Considérons maintenant la distance ι des deux planètes m, m'. L'équation qui détermine cette distance peut s'écrire comme il suit :

$$\iota = (2rr')^{\frac{1}{2}}\left[\frac{1}{2}\left(\frac{r}{r'} + \frac{r'}{r}\right) - \cos\delta\right]^{\frac{1}{2}}.$$

Si les orbites des deux planètes m, m' étaient circulaires, on aurait

$$r = a, \quad r' = a',$$

et par suite la demi-somme

$$\frac{1}{2}\left(\frac{r}{r'} + \frac{r'}{r}\right)$$

se réduirait à la constante λ déterminée par la formule

(3) $$\lambda = \frac{1}{2}\left(\frac{a}{a'} + \frac{a'}{a}\right).$$

Donc, si l'on pose généralement

(4) $$\frac{1}{2}\left(\frac{r}{r'} + \frac{r'}{r}\right) = \lambda + \rho,$$

la quantité variable ρ deviendra nulle avec les excentricités. D'ailleurs, comme, eu égard à la formule (4), on aura

(5) $$\iota = (2rr')^{\frac{1}{2}}(\lambda - \cos\delta + \rho)^{\frac{1}{2}},$$

et par suite

(6) $$\frac{1}{\text{v}} = (2rr')^{-\frac{1}{2}} (\lambda - \cos\delta + \rho)^{-\frac{1}{2}},$$

il sera facile de développer v et $\frac{1}{\text{v}}$ suivant les puissances ascendantes de ρ. Ainsi, par exemple, on tirera de l'équation (6), jointe à la formule de Taylor,

(7) $$\frac{1}{\text{v}} = (2rr')^{-\frac{1}{2}} \sum \frac{\rho^l}{1.2.3\ldots l} D_\lambda^l (\lambda - \cos\delta)^{-\frac{1}{2}}.$$

Ajoutons qu'en vertu de la formule (3), la valeur de ρ, savoir,

(8) $$\rho = \frac{1}{2}\left(\frac{r}{r'} + \frac{r'}{r} - \lambda\right),$$

pourra être présentée sous la forme

$$\rho = \frac{1}{2}\left(\frac{a'}{r} - \frac{a}{r'}\right)\left(\frac{r'}{a'} - \frac{r}{a}\right),$$

et que de cette dernière équation, jointe à la formule (4) du § Ier, on tirera

(9) $$\rho = \frac{1}{2}\left(\frac{a'}{r} - \frac{a}{r'}\right)(\varepsilon' \cos\psi' - \varepsilon \cos\psi).$$

§ III. *Développement de la fonction perturbatrice.*

» Comme nous l'avons vu, dans le § Ier, la fonction perturbatrice R déterminée par l'équation

(1) $$\mathrm{R} = \frac{m'r}{r'^2}\cos\delta + \ldots - \frac{m'}{\text{v}} - \ldots,$$

pourra être présentée sous la forme

(2) $$\mathrm{R} = \sum (m, m')_{n,n'}\, e^{(nT + n'T')\sqrt{-1}},$$

le signe $\sum$ s'étendant à toutes les valeurs entières positives ou négatives de n, n', et $(m, m')_{n,n'}$ désignant un coefficient constant, relatif au sys-

tème des deux planètes m, m'. Or si l'on intègre, entre les limites o, 2π, de chacune des variables T, T', les deux membres de la dernière équation, respectivement multipliés par

$$e^{-(nT+n'T')\sqrt{-1}}\,dTdT',$$

on trouvera

$$(3)\quad (m,\ m')_{n,n'} + \text{etc.}\ldots = \frac{1}{4\pi^2}\int_0^{2\pi}\int_0^{2\pi} \mathrm{R}e^{-(nT+n'T')\sqrt{-1}}\,dTdT',$$

la somme

$$(m,\ m')_{n,n'} + \text{etc.}\ldots$$

étant composée de termes

$$(m,\ m')_{n,n'},\quad (m,\ m'')_{n,n'},\ldots$$

relatifs à un même système de valeurs de n, n', et dont le premier se transforme dans les suivants, quand on remplace successivement la planète m', par la planète m'', ou m''', etc.... Pour obtenir en particulier la valeur du coefficient $(m,\ m')_{n,n'}$, il suffira de remplacer, dans le second membre de l'équation (5), la fonction R par la somme

$$\frac{m'r}{r'^2}\cos\delta - \frac{m'}{\mathfrak{r}},$$

des deux termes relatifs aux seules planètes m, m'. On aura donc

$$(4)\qquad (m,\ m')_{n,n'} = \mathrm{A}_{n,n'} - \mathrm{B}_{n,n'},$$

en posant, pour abréger,

$$\mathrm{A}_{n,n'} = m'\int_0^{2\pi}\int_0^{2\pi}\frac{r}{r'^2}\cos\delta\, e^{-(nT+n'T')\sqrt{-1}}\,dTdT',$$

et

$$\mathrm{B}_{n,n'} = \int_0^{2\pi}\int_0^{2\pi}\frac{1}{\mathfrak{r}}\, e^{-(nT+n'T')\sqrt{-1}}\,dTdT'.$$

D'ailleurs, en vertu du principe des aires, on a

$$r^2dp = \mathrm{K}dt = \frac{\mathrm{K}}{c}\,dT,$$

K désignant le moment linéaire de la vitesse, déterminé par la formule

$$K = a^2 c (1 - \varepsilon^2)^{\frac{1}{2}};$$

et par suite

$$dT = \frac{c}{K} r^2 dp,$$

ce que l'on pourrait aussi conclure des formules (5), (6), (8) du § II. Donc les valeurs de $A_{n,n'}$, $B_{n,n'}$, peuvent être présentées sous les formes

$$(5) \qquad \begin{aligned} A_{n,n'} &= \frac{m'}{4\pi^2} \int_0^{2\pi} \int_0^{2\pi} \frac{cc'}{KK'} r^3 \cos\delta \, e^{-(nT+n'T')\sqrt{-1}} \, dp dp', \\ B_{n,n'} &= \frac{m'}{4\pi^2} \int_0^{2\pi} \int_0^{2\pi} \frac{cc'}{KK'} \frac{r^2 r'^2}{\iota} e^{-(nT+n'T')\sqrt{-1}} \, dp dp'. \end{aligned}$$

Il y a plus : eu égard à la formule (7) du § II, la valeur de $B_{n,n'}$ deviendra

$$(6) \quad B_{n,n'} = \frac{m'}{4\pi^2} \sum D_\lambda^l \int_0^{2\pi} \int_0^{2\pi} \frac{cc'}{KK'} \frac{2^{-\frac{1}{2}} (rr')^{\frac{3}{2}} \rho^l}{1.2\ldots l} (\lambda - \cos\delta)^{-\frac{1}{2}} e^{-(nT+n'T')\sqrt{-1}} \, dp dp'.$$

» Dans l'intégrale double que renferme le second membre de l'équation (5) ou (6), la fonction sous le signe $\int$ peut être considérée comme le produit de deux facteurs P, Q, dont l'un, dépendant uniquement de l'angle δ, est développable suivant les sinus et cosinus des multiples de p et de p', tandis que l'autre facteur, en vertu des formules (4), (5), (6) du § I$^{\text{er}}$, est développable suivant les sinus et cosinus des multiples de $p - \varpi$ et de $p' - \varpi'$. Ces deux facteurs sont respectivement, dans la formule (5),

$$(7) \qquad P = \cos\delta, \quad Q = \frac{cc'}{KK'} r^3 e^{-(nT+n'T')\sqrt{-1}},$$

et dans la formule (6),

$$(8) \quad P = (\lambda - \cos\delta)^{-\frac{1}{2}}, \quad Q = 2^{-\frac{1}{2}} \frac{cc'}{KK'} (rr')^{\frac{3}{2}} \frac{\rho^l}{1.2.3\ldots l} e^{-(nT+n'T')\sqrt{-1}}.$$

On aura donc, en supposant les valeurs de P, Q données par les formules (7),

$$(9) \qquad A_{n,n'} = \frac{m'}{4\pi^2} \int_0^{2\pi} \int_0^{2\pi} PQ \, dp dp',$$

et, en supposant les valeurs de P, Q données par les formules (8),

$$(10) \qquad B_{n,n'} = \frac{m'}{4\pi^2}\sum D_\lambda^l \int_0^{2\pi}\int_0^{2\pi} PQ\,dp\,dp',$$

la caractéristique D_λ étant relative à la quantité λ que renferme la lettre P.

» Il ne reste plus qu'à trouver, dans l'une et l'autre hypothèse, la valeur de l'intégrale double

$$\int_0^{2\pi}\int_0^{2\pi} PQ\,dp\,dp'.$$

Or, concevons que l'on désigne par

$$P_{h,h'} \quad \text{ou par} \quad Q_{h,h'},$$

le coefficient du produit

$$e^{hp\sqrt{-1}}e^{h'p'\sqrt{-1}} \quad \text{ou du produit} \quad e^{h(p-\varpi)\sqrt{-1}}\,e^{h(h'-\varpi')\sqrt{-1}},$$

dans le développement de la fonction P ou Q suivant les puissances positives ou négatives des exponentielles

$$e^{p\sqrt{-1}},\ e^{p'\sqrt{-1}} \quad \text{ou} \quad e^{(p-\varpi)\sqrt{-1}},\ e^{(p'-\varpi')\sqrt{-1}},$$

en sorte qu'on ait

$$(11) \quad P = \sum P_{h,h'}e^{(hp+h'p')\sqrt{-1}}, \qquad Q = \sum Q_{h,h'}\,e^{[h(p-\varpi)+h'(p'-\varpi')]\sqrt{-1}}.$$

On aura évidemment, en vertu des formules (11),

$$(12) \quad \int_0^{2\pi}\int_0^{2\pi} PQ\,dp\,dp' = 4\pi^2\sum P_{h,h'}Q_{-h,-h'}\,e^{(h\varpi+h'\varpi')\sqrt{-1}},$$

le signe $\sum$ s'étendant à toutes les valeurs entières de h, h'. Par suite, on tirera de l'équation (9), en admettant les formules (7),

$$(13) \qquad A_{n,n'} = m'\sum P_{h,h'}Q_{-h,-h'}\;e^{(h\varpi+h'\varpi)\sqrt{-1}},$$

et de l'équation (10), en admettant les formules (8),

$$(14) \qquad B_{n,n'} = m' \sum D_\lambda^l P_{h,h'} Q_{-h,-h'} e^{(h\varpi + h'\varpi')\sqrt{-1}}.$$

Par le moyen des équations (13) et (14), la recherche du développement de R suivant les puissances entières positives ou négatives des quatre exponentielles

$$e^{T\sqrt{-1}}, \quad e^{T\sqrt{-1}}, \quad e^{\varpi\sqrt{-1}}, \quad e^{\varpi'\sqrt{-1}},$$

se trouve réduite à la recherche des développements des fonctions auxiliaires P et Q, déterminées par les formules (7) et (8), suivant les puissances entières des exponentielles

$$e^{p\sqrt{-1}}, \quad e^{p'\sqrt{-1}} \quad \text{ou} \quad e^{(p-\varpi)\sqrt{-1}}, \quad e^{(p'-\varpi')\sqrt{-1}}.$$

Cette dernière recherche sera l'objet du paragraphe suivant.

» Une remarque importante à faire, c'est qu'en vertu des formules (13) et (14), la fonction R peut être représentée par une série de termes dont chacun est le produit d'un facteur de la forme

$$m' e^{(h\varpi + h'\varpi')\sqrt{-1}}$$

par deux autres facteurs dont le premier,

$$P_{h,h'} \quad \text{ou} \quad D_\lambda^l P_{h,h'},$$

dépend uniquement des constantes φ, φ', ι, ι', c'est-à-dire de la position des plans des orbites et du rapport $\frac{a'}{a}$, tandis que le second,

$$Q_{-h,-h'},$$

dépend uniquement des demi-grands axes a, a', et des excentricités ϵ, ϵ'.

§ IV. *Développement de la première fonction auxiliaire.*

» On développera facilement la première fonction auxiliaire P suivant les puissances entières des exponentielles

$$e^{p\sqrt{-1}}, \quad e^{p'\sqrt{-1}},$$

ou, en d'autres termes, on déterminera les coefficients $P_{h,\,h'}$ compris dans la formule

$$P = \sum P_{h,\,h'}\, e^{hp\sqrt{-1}}\, e^{h'p'\sqrt{-1}},$$

en opérant comme il suit.

» D'abord, si l'on suppose, conformément aux formules (7) du § III,

$$(1) \qquad P = \cos \delta,$$

on en conclura, eu égard à la formule (1) du § II,

$$P = \mu \cos(p' - p + \Pi) + \nu \cos(p' + p)$$

$$= \tfrac{1}{2}\mu\left[e^{(p'-p+\Pi)\sqrt{-1}} + e^{(p-p'-\Pi)\sqrt{-1}}\right] + \tfrac{1}{2}\nu\left[e^{(p'+p)\sqrt{-1}} + e^{-(p'+p)\sqrt{-1}}\right].$$

Donc alors on aura

$$(2) \qquad P_{h,\,h'} = 0,$$

si les deux indices h, h' ne se réduisent pas, au signe près, à l'unité, et dans le cas contraire,

$$(3) \qquad P_{1,1} = P_{-1,-1} = \tfrac{1}{2}\nu, \quad P_{-1,1} = P_{1,-1} = \tfrac{1}{2}\mu.$$

» Supposons, en second lieu, conformément aux formules (8) du § III,

$$(4) \qquad P = (\lambda - \cos\delta)^{-\frac{1}{2}}.$$

On en conclura

$$P = [\lambda - \mu\cos(p' - p + \Pi) + \nu\cos(p' + p)]^{\frac{1}{2}}:$$

puis, eu égard à la formule de Taylor,

$$(5) \qquad P = \sum \frac{\nu^i \cos^i(p' + p)}{1.2.3\ldots i}\, D_\lambda^i\, [\lambda - \mu\cos(p' - p + \Pi)]^{-\frac{1}{2}},$$

le signe $\sum$ s'étendant à toutes les valeurs entières nulles ou positives de i. Soit maintenant

$$\Lambda = [\lambda - \mu \cos(p' - p + \Pi)]^{-\frac{1}{2}}.$$

On pourra développer Λ suivant les puissances entières de l'exponentielle,

$$e^{(p'-p+\Pi)\sqrt{-1}},$$

ce qui revient à développer

$$(\lambda - \mu \cos p)^{-\frac{1}{2}}$$

suivant les puissances entières de $e^{p\sqrt{-1}}$; et, en posant

$$\Lambda_j = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} (\lambda - \mu \cos p)^{-\frac{1}{2}} e^{-jp\sqrt{-1}} dp,$$

par conséquent

(6) $$\Lambda_j = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} \frac{\cos jp}{(\lambda - \mu \cos p)^{\frac{1}{2}}} dp,$$

on trouvera

$$\Lambda = \sum \Lambda_j \, e^{j(p'-p+\Pi)\sqrt{-1}},$$

le signe $\sum$ s'étendant à toutes les valeurs entières positives, nulles ou négatives de j. Cela posé, la formule (5) donnera

(7) $$P = \sum \frac{(\frac{1}{2}\nu)^i}{1.2\ldots i} D_\lambda^i \Lambda_j e^{j\Pi\sqrt{-1}} \left[e^{(p'+p)\sqrt{-1}} + e^{-(p'+p)\sqrt{-1}}\right]^i e^{j(p'-p)\sqrt{-1}}.$$

Si, dans cette dernière équation, on développe le binome

$$\left[e^{(p'+p)\sqrt{-1}} + e^{-(p'+p)\sqrt{-1}}\right]^i$$

et si, pour abréger, l'on représente par la notation

(8) $$(i)_l = \frac{i(i-1)\ldots(i-l+1)}{1.2\ldots l}$$

le coefficient de x^l dans le développement de $(1+x)^i$, on trouvera

(9) $$\mathrm{P}_{h,h'} = 0,$$

toutes les fois que la somme $h+h'$ sera impaire, et, dans le cas contraire,

(10) $$\mathrm{P}_{h,h'} = \sum \frac{(\frac{1}{2}\iota)^i}{1.2.3\ldots i} (i)_{\frac{2i+h+h'}{4}} \mathrm{D}_\lambda^i \Lambda_{\frac{h-h'}{2}} e^{\frac{1}{2}(h'-h)\Pi\sqrt{-1}},$$

le signe $\sum$ s'étendant à toutes les valeurs entières, nulles ou positives de i, qui, rendant la somme $2i+h+h'$ divisible par 4, fournissent pour

$$i+\frac{h+h'}{2}$$

un nombre pair.

§ V. *Développement de la deuxième fonction auxiliaire.*

» La deuxième fonction auxiliaire peut se développer facilement suivant les puissances entières des exponentielles

$$e^{(p-\varpi)\sqrt{-1}},\ e^{(p'-\varpi')\sqrt{-1}},$$

à l'aide des considérations suivantes.

» La formule

$$\mathrm{Q} = \sum \mathrm{Q}_{h,h'}\, e^{h(p-\varpi)\sqrt{-1}} e^{h'(p'-\varpi')\sqrt{-1}}$$

entraîne l'équation

(1) $$\mathrm{Q}_{h,h'} = \frac{1}{4\pi^2}\int_0^{2\pi}\int_0^{2\pi} \mathrm{Q}\, e^{-h(p-\varpi)\sqrt{-1}}\, e^{-h'(p'-\varpi')\sqrt{-1}}\, dp\,dp'.$$

Cela posé, considérons d'abord la valeur de Q fournie par la seconde des équations (7) du § III. On pourra la décomposer en deux facteurs q, q', dont l'un se rapporte à la planète m, l'autre à la planète m', les valeurs de q, q' étant

(2) $$q = \frac{c}{\mathrm{K}}\, r^3 e^{-n\mathrm{T}\sqrt{-1}},\quad q' = \frac{c'}{\mathrm{K}'}\, e^{-n'\mathrm{T}\sqrt{-1}}.$$

Alors, si l'on désigne par q_h le coefficient de $e^{h(p-\varpi)\sqrt{-1}}$ dans la fonc-

tion q, et par $q'_{h'}$ le coefficient de $e^{h'(p'-\varpi')\sqrt{-1}}$ dans le développement de la fonction q', on aura non-seulement

$$Q = qq',$$

mais encore

$$(3) \qquad Q_{h,h'} = q_h q'_{h'}.$$

Ajoutons que les valeurs de q_h, $q'_{h'}$, seront déterminées par les équations

$$(4) \qquad q_h = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} q e^{-h(p-\varpi)\sqrt{-1}}\,dp, \quad q'_{h'} = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} q' e^{-h'(p'-\varpi')\sqrt{-1}}\,dp',$$

et par conséquent représentées par des intégrales simples dont il est facile d'obtenir les valeurs.

» Considérons maintenant la valeur de Q fournie par la seconde des équations (8) du § III. Pour la décomposer en termes dont chacun soit le produit de deux facteurs relatifs à une seule des planètes m, m', il suffira de développer les deux binomes qui entrent dans la valeur de l'expression

$$\rho^l = \left(\frac{a'}{r} - \frac{a}{r'}\right)^l (\iota' \cos\psi' - \iota\cos\psi)^l.$$

En effet, en opérant ce développement, on a

$$\rho^l = \sum (-1)^{l-i+j} (l)_i (l)_j \left(\frac{a'}{r}\right)^i \left(\frac{a}{r'}\right)^{i'} (\iota\cos\psi)^j (\iota'\cos\psi')^{j'},$$

le signe $\sum$ s'étendant à toutes les valeurs entières nulles ou positives de

$$i,\ i',\ j,\ j',$$

qui vérifient les conditions

$$(5) \qquad i + i' = l, \quad j + j' = l.$$

Donc la seconde des formules (8) du § III donnera

$$(6) \qquad Q = \frac{2^{-\frac{l}{2}}}{1.2\ldots l} \sum (-1)^{l-i+j} (l)_i (l)_j\, qq'.$$

les valeurs q, q' étant, eu égard aux formules (5),

$$(7)\quad q = \frac{c}{\mathrm{K}} i^j a^{l-i} r^{\frac{1}{2}-i} e^{-nT\sqrt{-1}} \cos^j \psi,\quad q' = \frac{c'}{\mathrm{K}'} i'^{j'} a'^{l'-i'} r'^{\frac{1}{2}-i'} e^{-n'T'\sqrt{-1}} \cos^{j'} \psi';$$

et, si l'on désigne encore par q_h, $q'_{h'}$, les coefficients des exponentielles

$$e^{h(p-\varpi)\sqrt{-1}} \qquad e^{h'(p'-\varpi')\sqrt{-1}},$$

dans les développements de q, q', suivant les puissances entières de

$$e^{(p-\varpi)\sqrt{-1}} \quad \text{ou de} \quad e^{(p'-\varpi')\sqrt{-1}},$$

on tirera de l'équation (6)

$$(8)\qquad \mathrm{Q}_{h,h'} = \frac{2^{-\frac{1}{2}}}{1.2\ldots l} \sum (-1)^{l-i+j} (l)_i (l)_j q_h q'_{h'},$$

les valeurs de q_h, $q'_{h'}$, pouvant encore être déduites des valeurs de q, q' données par les formules (7), à l'aide des équations (4).

» Ainsi, la recherche du développement de la deuxième fonction auxiliaire se réduit à la recherche des développements des fonctions q, q', que déterminent les formules (2) ou (7), et que nous appellerons facteurs simples, parce que chacun d'eux se rapporte à une seule des deux planètes m, m'.

» D'ailleurs on déduit les formules (2) des formules (7), en posant dans celles-ci $j=0$, $j'=0$, et remplaçant en outre l et i par $-\frac{3}{2}$, ou l' et i' par $\frac{3}{2}$. De plus on déduit la seconde des formules (7) de la première, en accentuant toutes les lettres. Donc, en définitive, la recherche du développement de la fonction perturbatrice se réduit à la recherche du développement du facteur q, déterminé par la première des équations (7), dans le cas où, j étant un nombre entier, l'on attribue à l et i, ou l'une des valeurs $-\frac{3}{2}$, $+\frac{3}{2}$, ou des valeurs entières nulles ou positives, la valeur de i étant alors tout au plus égale à celle de l.

§ VI. *Développement des facteurs simples.*

» Il ne reste plus qu'à développer suivant les puissances de

$$e^{(p-\varpi)\sqrt{-1}}$$

la valeur de q déterminée par la première des formules (7) du § V, savoir,

$$(1) \qquad q = \frac{c}{\mathrm{K}} \varepsilon^j a^{l-i} r^{\frac{3}{2}-i} e^{-nT\sqrt{-1}} \cos^j \psi.$$

Or, comme on l'a déjà remarqué, si l'on pose généralement

$$q = \sum q_h \, e^{h(p-\varpi)\sqrt{-1}},$$

on aura

$$(2) \qquad q_h = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} q \, e^{-h(p-\varpi)\sqrt{-1}} \, dp.$$

D'ailleurs, en vertu des formules (5) du § I$^{\text{er}}$, ou, ce qui revient au même, en vertu des formules

$$dp = \frac{\mathrm{K}}{cr^2} dT, \quad T = \psi - \varepsilon \sin \psi, \quad dT = \frac{r}{a} d\psi,$$

on a

$$dp = \frac{\mathrm{K}}{c} \frac{1}{ar} d\psi.$$

Donc l'équation (2) peut être réduite à

$$q_h = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \frac{\mathrm{K}}{c} \frac{q}{ar} e^{-h(p-\varpi)\sqrt{-1}} \, d\psi,$$

et l'on aura, eu égard à la formule (1),

$$(3) \quad q_h = \frac{1}{2\pi} a^{l-i-1} \varepsilon^j \int_0^{2\pi} r^{\frac{3}{2}-i-1} e^{-n\mathrm{T}\sqrt{-1}} e^{-h(p-\varpi)\sqrt{-1}} \cos^j \psi \, d\psi.$$

Si maintenant on tient compte de la formule

$$r = a(1 - \varepsilon \cos \psi),$$

on tirera de l'équation (3)

$$(4) \qquad q_h = a^{l-2i-\frac{1}{2}} \, \mathrm{E}_{h, \frac{3}{2}-i-1, j},$$

pourvu que l'on désigne, à l'aide de la notation

$$\mathrm{E}_{h, i, j},$$

une fonction de ε, représentée par une intégrale simple et déterminée par la formule

$$(5)\quad E_{h,i,j} = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} (1-\varepsilon\cos\psi)^i(\varepsilon\cos\psi)^j\, e^{-nT\sqrt{-1}}\ e^{-h(p-\varpi)\sqrt{-1}}\, d\psi.$$

Or, en vertu de la formule $T=\psi-\varepsilon\sin\psi$, on a

$$(6)\quad e^{-nT\sqrt{-1}} = e^{-n\psi\sqrt{-1}}\ e^{-n\varepsilon\sin\psi\sqrt{-1}} = \sum \frac{(n\varepsilon\sin\psi)^k}{1.2\ldots k}\ e^{-n\psi\sqrt{-1}}\left(\sqrt{-1}\right)^k,$$

le signe $\sum$ s'étendant à toutes les valeurs entières, nulles ou positives de k. De plus, comme, en désignant par η la tangente de la moitié de l'angle qui a pour sinus ε, on trouvera

$$(7)\qquad \varepsilon = \frac{2\eta}{1+\eta^2},\quad (1-\varepsilon^2)^{\frac{1}{2}} = \frac{1-\eta^2}{1+\eta^2},$$

$$(8)\quad 1-\varepsilon\cos\psi = \frac{1+\eta^2-2\eta\cos\psi}{1+\eta^2} = \frac{\varepsilon}{2\eta}\left(1-\eta\, e^{\psi\sqrt{-1}}\right)\left(1-\eta\, e^{-\psi\sqrt{-1}}\right),$$

les formules (5) du § I^{er} donneront

$$(9)\quad \cos(p-\varpi) = \frac{(1+\eta^2)\cos\psi-2\eta}{1-2\eta\cos\psi+\eta^2},\qquad \sin(p-\varpi) = \frac{(1-\eta^2)\sin\psi}{1-2\eta\cos\psi+\eta^2},$$

et l'on en conclura

$$(10)\qquad e^{(p-\varpi)\sqrt{-1}} = e^{\psi\sqrt{-1}}\,\frac{1-\eta e^{-\psi\sqrt{-1}}}{1-\eta e^{\psi\sqrt{-1}}}.$$

Cela posé, on aura

$$(1-\varepsilon\cos\psi)^i e^{-h(p-\varpi)\sqrt{-1}} = \left(\frac{\varepsilon}{2\eta}\right)^i e^{-h\psi\sqrt{-1}}\left(1-\eta e^{\psi\sqrt{-1}}\right)^{i+h}\left(1-\eta e^{-\psi\sqrt{-1}}\right)^{i-h},$$

par conséquent

$$(11)\quad (1-\varepsilon\cos\psi)^i e^{-h(p-\varpi)\sqrt{-1}} = \left(\frac{\varepsilon}{2\eta}\right)^i \sum(-1)^{f+g}(i+h)_f(i-h)_g\,\eta^{f+g}\, e^{(f-g-h)\psi\sqrt{-1}},$$

et l'on tirera des formules (5), (6), (11),

$$(12)\quad E_{h,i,j} = \left(\frac{\varepsilon}{2\eta}\right)^i \varepsilon^j \sum(-1)^{f+g}\frac{(n\varepsilon)^k}{1.2\ldots k}\,\eta^{f+g}(i+h)_f(i-h)_g\,\mathfrak{N}_{f-g-h-n,\,j,\,k},$$

pourvu que l'on désigne généralement à l'aide de la relation

$$\mathfrak{N}_{i,j,k},$$

le nombre déterminé par la formule

$$(13) \qquad \mathfrak{N}_{i,j,k} = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} e^{i\psi\sqrt{-1}} \cos^j\psi\,(\sin\psi\sqrt{-1})^k\,d\psi.$$

Or cette dernière formule se réduit, 1° pour des valeurs paires du nombre k, à

$$(14) \qquad \mathfrak{N}_{i,j,k} = (-1)^{\frac{k}{2}}\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} \cos i\psi \cos^j\psi \sin^k\psi\,d\psi,$$

2° pour des valeurs impaires du nombre k, à

$$(15) \qquad \mathfrak{N}_{i,j,k} = (-1)^{\frac{k+1}{2}}\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} \sin\psi \cos^j\psi \sin^k\psi\,d\psi.$$

Donc la recherche du développement de R se réduit, en dernière analyse, à la détermination des nombres représentés par les intégrales

$$\int_0^{2\pi} \cos i\psi \cos^j\psi \sin^j\psi\,d\psi, \quad \int_0^{2\pi} \sin i\psi \cos^j\psi \sin^k\psi\,d\psi,$$

dans lesquelles les exposants j, k sont entiers et positifs, la quantité i pouvant être positive ou négative. Au reste, cette détermination peut s'effectuer très simplement, comme on va le voir.

» La valeur générale de $\mathfrak{N}_{i,j,k}$, déterminée par la formule (9), se réduit évidemment au terme constant, c'est-à-dire indépendant de l'exponentielle

$$e^{\psi\sqrt{-1}},$$

dans le développement du produit

$$e^{i\psi\sqrt{-1}}\cos^j\psi\,(\sin\psi\sqrt{-1})^k,$$

ou

$$\left(\frac{1}{2}\right)^{j+k} e^{i\psi\sqrt{-1}}\left(e^{\psi\sqrt{-1}} + e^{-\psi\sqrt{-1}}\right)^j\left(e^{\psi\sqrt{-1}} - e^{-\psi\sqrt{-1}}\right)^k.$$

suivant les puissances entières de cette exponentielle; par conséquent elle se réduit au terme constant, c'est-à-dire indépendant de x, dans le développement du produit

$$\left(\frac{1}{2}\right)^{j+k} x^i \left(x + x^{-1}\right)^j \left(x - x^{-1}\right)^k,$$

suivant les puissances entières de x. On a donc par suite

$$(16) \qquad \mathfrak{N}_{i,j,k} = \left(\frac{1}{2}\right)^{j+k} \sum (-1)^l (k)_l (j)_{\frac{k-i+j}{2}-l}.$$

Ajoutons qu'en vertu de la formule

$$\sin\psi \sin i\psi = \frac{\cos(i-1)\psi - \cos(i+1)\psi}{2},$$

la valeur du coefficient $\mathfrak{N}_{i,j,k}$, donnée par la formule (15) et correspondante à une valeur paire de k, est la demi-somme de deux valeurs du même coefficient correspondantes à deux valeurs paires de k. Donc, si pour faciliter les calculs astronomiques, on formait une table des valeurs de $\mathfrak{N}_{i,j,k}$, il suffirait de donner celles qu'on obtient en prenant pour k un nombre pair.

» Au reste, les coefficients de la forme $\mathfrak{N}_{i,j,k}$, jouissent de plusieurs propriétés remarquables, qu'il est facile d'établir. Ainsi, par exemple, les équations

$$x^i (x + x^{-1})^j = (x^{i+1} + x^{i-1})(x + x^{-1})^{j-1},$$
$$(x + x^{-1})^k (x - x^{-1})^k = (x^2 - x^{-2})^k,$$

entraînent immédiatement les suivantes

$$2\mathfrak{N}_{i,j,k} = \mathfrak{N}_{i+1,j-1,k} + \mathfrak{N}_{i-1,j-1,k},$$
$$2^k \mathfrak{N}_{i,k,k} = \mathfrak{N}_{\frac{1}{2}i,0,2} = (-1)^{\frac{i+k}{2}} (k)_{\frac{i+k}{2}},$$

dont la dernière subsiste pour des valeurs paires de i.

» Dans d'autres Mémoires nous donnerons de nombreuses applications des formules que renferme celui-ci.

RAPPORTS.

ARITHMÉTIQUE. — *Rapport sur une méthode pour résoudre les problèmes d'arithmétique; par M.* **Lucchesini**.

(Commissaires, MM. Bouvard, Puissant, Mathieu rapporteur.)

« M. Lucchesini a présenté à l'Académie un Mémoire dans lequel il expose d'abord les principes d'une méthode nouvelle pour résoudre les problèmes d'arithmétique par un système uniforme d'opérations : il en fait ensuite l'application à un grand nombre de problèmes que l'on résout ordinairement par des règles de trois, d'alliage, de société, etc., puis à des problèmes qui se résolvent généralement en algèbre par des équations du premier degré.

» La méthode de M. Lucchesini consiste à réduire toutes les questions d'arithmétique à la formation de trois termes d'une proportion dont le quatrième terme est l'inconnu. Pour la faire comprendre en peu de mots, nous allons suivre l'auteur dans un exemple.

» Problème. Quatre ouvriers travaillant 6 heures par jour ont défriché en 5 jours 15 ares de terre: on demande en combien de jours 12 ouvriers travaillant 8 heures par jour défricheront 240 ares de terre?

» Le nombre des jours augmente avec le nombre des ares à défricher et diminue quand le nombre des ouvriers et des heures de travail augmente.

» Le 1er terme dont dépend l'inconnu est la fraction $\frac{240}{96}$, qui a pour numérateur le nombre des ares et pour dénominateur le produit $12\times8=96$ des nombres d'ouvriers et d'heures;

» Le 2e terme, formé de la même manière que le 1er, son homogène, avec les données relatives au travail exécuté, a pour valeur la fraction $\frac{15}{24}$;

» Le 3e terme, homogène à l'inconnu, est le nombre 5 des jours donnés.

» Le rapport des deux derniers termes est $\frac{120}{15}$; en le multipliant par le 1er, on trouve enfin 20 pour le nombre de jours demandé.

» La détermination de l'inconnu se trouve ramenée en définitive à la multiplication de deux nombres que l'auteur apprend ainsi à former séparément par un procédé uniforme.

» Cette méthode a conduit M. Lucchesini à d'heureux résultats dans

l'enseignement élémentaire; cependant nous croyons qu'elle peut être présentée de manière à en rendre l'application plus facile et plus sûre.

» Le nombre que l'on cherche est évidemment égal au nombre homogène qui se trouve dans les données de la question, multiplié par un nombre abstrait. Ce nombre abstrait est le produit d'une suite de rapports entre des nombres donnés. Chaque rapport se forme au moyen des deux nombres qui représentent des quantités homogènes ou de même espèce. Un nombre relatif à l'inconnu se met au numérateur ou au dénominateur du rapport, suivant que ce nombre en augmentant fait croître ou décroître le nombre inconnu, suivant que l'inconnu croît en raison directe ou inverse de ce nombre.

» Dans la question ci-dessus le nombre de jours cherché est égal au nombre 5 des jours donnés multiplié par un certain nombre abstrait.

» Le nombre inconnu de jours croît avec le nombre des ares à défricher et décroît quand les nombres des ouvriers et des heures de travail augmentent. On a donc le rapport direct $\frac{240}{15}$ et les deux rapports inverses $\frac{4}{12}$ et $\frac{6}{8}$, en sorte que le nombre de jours demandés a pour expression

$$5^j\,\frac{240}{15}\cdot\frac{4}{12}\cdot\frac{6}{8}=20 \text{ jours.}$$

» M. Lucchesini ayant été prévenu que l'on proposerait dans le rapport de modifier sa méthode, nous a remis les solutions de plusieurs questions par une opération directe et analogue à celle que nous venons d'exécuter.

» M. Lucchesini donne dans son ouvrage, pour un grand nombre de questions traitées ordinairement par l'algèbre, des solutions qui paraissent fort simples; mais il n'y arrive que par des raisonnements assez difficiles à suivre et qui sont de véritables équations exprimées en langage ordinaire. Aussi nous pensons que sa méthode, même simplifiée, ne peut s'appliquer qu'à un petit nombre de questions très simples de ce genre.

Conclusions.

» Nous proposons à l'Académie de remercier M. Lucchesini de la communication qu'il lui a faite, et de l'encourager à suivre un travail qui peut avoir d'heureux résultats dans les applications de l'arithmétique élémentaire à un grand nombre de questions usuelles. »

Les conclusions de ce Rapport sont adoptées.

NOMINATIONS.

L'Académie procède, par voie de scrutin, à l'élection d'une Commission appelée à juger les pièces adressées au concours pour le prix de Physiologie expérimentale.

MM. Magendie, Flourens, Serres, Breschet, Milne Edwards, réunissent la majorité des suffrages.

MÉMOIRES LUS.

ZOOLOGIE. — *Recherches sur les Spongilles et spécialement sur leur mode de reproduction; par* M. LAURENT.

(Commissaires, MM. de Blainville, Audouin, Milne Edwards.)

« Ce Mémoire contient la première partie d'un travail général sur les Spongilles et se rapporte spécialement à la reproduction de ces êtres.

» On connaissait déjà deux espèces de corps reproducteurs des Spongilles, savoir :

» 1°. Des corps oviformes qui se forment dans l'arrière-saison ;

» 2°. Des corps gemmiformes qui sont des *gemmes ciliés,* semblables à ceux observés par M. Grant dans les Éponges.

» L'auteur, après avoir étudié avec détail ces corps, fait connaître chez ces mêmes Spongilles trois autres sortes de corps reproducteurs, savoir :

» 1°. Les corps gemmiformes, qu'il regarde comme *des gemmes non ciliés et fixes ;*

» 2°. *Les corps oviformes qui se forment dans la première saison* et qui offrent des particularités à raison desquelles on ne peut les confondre avec les corps oviformes d'arrière-saison.

» 3°. *Des fragments protéiformes* qui se détachent des prolongements rhyzopodiques des jeunes Spongilles.

» M. Laurent a constaté aussi que les Spongilles adultes se reproduisent quelquefois par scissiparité naturelle et fréquemment aussi au moyen de sections artificielles. Enfin il a suivi le développement des divers corps reproducteurs mentionnés ci-dessus, et il décrit la manière dont ils se

changent en corps spongiformes semblables aux Spongilles dont ils proviennent. Ce Mémoire est accompagné d'une planche in-folio. »

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

ZOOLOGIE. — *Mémoire sur les Tardigrades ; par* M. **Doyère**.

(Commissaires, MM. Serres, Dutrochet, Milne Edwards.)

« L'auteur décrit l'organisation de ces animaux singuliers, dont il a reconnu huit espèces distinctes formant trois divisions génériques bien caractérisées. Leur enveloppe est constituée par deux tuniques, l'une externe, épidermique; l'autre interne, tomenteuse, dermoïde. Bien que le liquide qui remplit l'intervalle de leurs organes soit d'une composition assez complexe, il n'existe pourtant aucun système circulatoire. Le système musculaire est au contraire fort complet; il se compose de près de trois cents muscles distincts; le système nerveux est ganglionnaire, sous-intestinal, et représente exactement le type de celui des animaux articulés. Quant à leurs rapports naturels, ces animaux ont une affinité très étroite avec les Rotateurs; ils en diffèrent surtout par leur appareil buccal, et paraissent devoir constituer un ordre particulier dans la classe d'animaux articulés que M. Dujardin a proposé de désigner sous le nom de *Systolides*. »

ANATOMIE. — *Sur les connexions qui existent entre la moelle épinière et les nerfs spinaux ; par* M. **Bazin**. (Extrait par l'auteur.)

(Commissaires, MM. Magendie, de Blainville, Serres, Flourens.)

« La moelle épinière des animaux vertébrés se divise en quatre cordons principaux, et en deux cordons ou faisceaux secondaires, internes et superposés, beaucoup moins volumineux que les cordons externes.

» En pénétrant dans les cordons supérieurs, les racines des nerfs sensitifs se bifurquent, de manière qu'une moitié de chaque racine pénètre dans la partie supérieure, et se trouve presque en contact avec le névroderme ou pie-mère, tandis que l'autre contourne sa face inférieure. Ainsi chaque cordon latéral est embrassé ou parcouru par un grand nombre de

filets nerveux qui, pour la plupart, viennent former un faisceau aplati sur la ligne médiane. La teinte grisâtre que présente ce faisceau appartient plus au faisceau sensitif qu'au faisceau moteur.

» Dans l'homme, le faisceau médian, formé par le prolongement des nerfs sensitifs a environ 4 millimètres de diamètre; sur le milieu on voit une bande de 2 millimètres de diamètre, dont les bords font un léger relief; la surface en est lisse, et les fibres ou filets dont elle se compose ont une direction parallèle à l'axe longitudinal de la moelle.

» Le faisceau médian inférieur, ou formé par les nerfs moteurs qui se comportent à l'égard des cordons latéraux inférieurs comme les nerfs sensitifs à l'égard des cordons supérieurs, nous a paru pouvoir se diviser en deux parties, sans rompre aucun filet nerveux.

» Dans les annélides et les articulés, les nerfs des deux moitiés du tronc se réunissent en deux faisceaux qui restent isolés dans une étendue variable.

» L'examen microscopique des faisceaux médians des vertébrés fait voir que le faisceau supérieur est composé de filets ou tubes très déliés, entre lesquels on n'aperçoit point d'anastomoses, et dont la surface semble couverte de nombreux petits globules assez régulièrement disposés. Le faisceau inférieur ne nous a présenté que des tubes sans globules.

» Je n'ai pas encore pu voir de globules dans les filets nerveux. Il ne faut pas confondre les petits globules dont je viens de parler avec ceux de la substance médullaire, qui sont beaucoup plus volumineux. »

CHIMIE. — *Recherches sur le sulfure de carbone; par* M. COUERBE.

(Commissaires, MM. Chevreul, Pelouze, Regnault.)

Il résulte des expériences et des analyses nombreuses consignées dans ce Mémoire :

« 1°. Que le xanthate de potasse et le xanthate de plomb se comportent différemment lorsqu'on les expose à l'action de la chaleur; tandis que le xanthate de potasse donne un mélange de polysulfure de potassium et de charbon, le xanthate de plomb donne un résidu de sulfure simple et des traces de charbon, environ 2 pour 100.

» 2°. Que le xanthate de plomb, composé d'éther, d'oxide de plomb et de sulfure de carbone, peut se dissoudre dans l'alcool chaud et cristalliser dans ce véhicule. »

PHYSIQUE GÉNÉRALE. — *Sur l'attraction universelle; par* M. DE TESSAN.

« Dans ce Mémoire l'auteur s'est proposé de démontrer que la pesanteur universelle et l'attraction moléculaire proprement dite doivent être regardées comme une conséquence nécessaire des propriétés connues de l'éther. »

(Commissaires, MM. Cauchy, Becquerel, Savary.)

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Machines à vapeur.*

MM. TURCK et CARTERON adressent un Mémoire sur un appareil de vaporisation.

(Commission des rondelles fusibles.)

M. MARTIN adresse une Note pour faire suite à celles qu'il avait précédemment présentées sur la détermination des longitudes et des latitudes en mer.

CORRESPONDANCE.

CHIRURGIE. — *Sur la nature et le traitement d'une nouvelle espèce de torticolis; par* M. BOUVIER.

« Cette affection, dit l'auteur, diffère tout à la fois du torticolis musculaire aigu, de la contracture du sterno-cléido-mastoïdien, ou torticolis musculaire ancien, et de la luxation spontanée de l'atlas et de l'axis: trois états avec lesquels on l'a confondue jusqu'ici. Elle a son siége dans les articulations des premières vertèbres cervicales, et peut être désignée sous le nom de *torticolis articulaire.*

» La fréquence de cette affection, l'oubli dans lequel elle a été laissée, les erreurs auxquelles elle donne lieu, sa guérison facile quand son existence est reconnue dès le principe, et le cachet d'incurabilité qui lui est imprimé par le temps, m'ont fait penser qu'il serait utile d'en présenter dès ce moment les traits principaux.

» C'est par des moyens mécaniques que l'on doit s'attacher à détruire la torsion du cou, et sous ce rapport surtout, il importe de bien distinguer ce genre de difformités de celles qui sont dues à des muscles raccourcis et dont la myotomie est le remède par excellence; remède nul et intempestif dans cette nouvelle espèce de torticolis. Je ferai connaître, dans mon Mémoire, les procédés qui m'ont le mieux réussi pour atteindre ce but et les résultats tout-à-fait satisfaisants que m'a procurés ce mode de traitement. »

PALÉONTOLOGIE. — *Ossements fossiles d'éléphants provenant d'une sablonnière située entre Champigny et Joinville-le-Pont.*

(Commissaires, MM. de Blainville, Flourens, Élie de Beaumont.)

« MM. **Rivière** et **Briggs** mettent sous les yeux de l'Académie plusieurs ossements qu'ils ont trouvés dans une carrière de sable située entre Joinville-le-Pont et Champigny. Ces ossements étaient enfouis au milieu d'un sable fin, quarzeux, rempli de débris de coquilles, et couronné d'un dépôt de gravier, de galets et de gros blocs provenant en général des silex meuliers et des silex de la craie, ou de fossiles changés en silex jaspoïde.

» La sablonnière offre la coupe suivante : 1° 30 à 40 centimètres de terre végétale et d'alluvions; 2° un mètre environ de dépôt caillouteux de diluvium; 3° 4 mètres de sable de diluvium qui s'appuie sur la marne, représentant les marnes du gypse de Montmartre. Enfin le niveau moyen de cette sablonnière, très riche en ossements, est supérieur à ceux de la Marne et de la Seine, ainsi que le montre la planche qui accompagne la communication de MM. Rivière et Briggs. »

M. **Passot** prie l'Académie de vouloir bien hâter le rapport qui doit être fait sur son Mémoire intitulé : *Mémoire sur une détermination expérimentale de la force centrifuge dans les machines hydrauliques à réaction.*

M. *Poncelet*, l'un des Commissaires, fait remarquer que le retard tient à l'absence de plusieurs des membres de la Commission.

M. **Bright**, auteur de recherches sur l'albuminurie qui ont obtenu un prix au dernier concours pour les prix de médecine et de chirurgie de la fondation Montyon, adresse ses remercîments à l'Académie.

M. **Malé** rappelle qu'il n'a pas encore été fait de rapport sur une Note qu'il a présentée il y a quelques mois, et qui a pour titre : *Moyens de faciliter la progression des convois sur les chemins de fer.*

(Commissaires, MM. Arago, Savary, Poncelet, Séguier, Coriolis, Gambey.)

M. **Déniel** adresse un paquet cacheté portant pour suscription : *Machines à vapeur.*

La séance est levée à 4 heures $\frac{1}{4}$. F.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

L'Académie a reçu dans cette séance les ouvrages dont voici les titres :

Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie royale des Sciences; 2e semestre 1840, n° 10, in-4°.

Annuaire du Bureau des Longitudes pour l'an 1840; in-18.

Documents sur la méthode ostéotropique, nouveau système de réduction pour la cure des luxations des appareils orbiculaires; par M. COLOMBOT; Chaumont, in-8°.

Annales scientifiques, littéraires et industrielles de l'Auvergne; août, septembre et octobre 1839, in-8°.

L'Enseignement, bulletin d'Éducation; tome 1er; septembre 1840, in-8°.

Recueil de la Société polytechnique; juillet 1840, in-8°.

Revue progressive de l'Agriculture et du Jardinage; 1er vol., année 1839—1840; in-8°.

Mémorial encyclopédique et progressif des Connaissances humaines; août 1840, in-8°.

Notice sur les ravages que fait dans les rameaux les plus tendres des Rosiers une fausse chenille ou larve d'une espèce de Mouche à scie; par M. MÉRAT; 1 feuille in-8°.

Journal de l'Institut historique; 7e année, août 1840, in-8°.

Journal des Connaissances médico-chirurgicales; septembre 1840, in-8°.

Le Technologiste, ou Archives des progrès de l'Industrie française et étrangère; septembre 1840, in-8°.

Revue scientifique et industrielle, sous la direction du Dr QUÉNESVILLE; août 1840, in-8°.

Notice sur un procédé électro-chimique pour dorer l'Argent et le Laiton; par M. DE LA RIVE; 1840, in-8°.

Fragments sur les corps célestes du système solaire; par MM. G. BEER et J.-H. MADLER; 1840, in-4°.

Transactions... *Transactions de la Société zoologique de Londres*, 2e vol., 4e partie; Londres, 1840, in-4°.

Reports... *Rapports de la Société zoologique de Londres, lus à l'assemblée générale du 29 avril 1840*; in-8°.

Proceedings.... *Procès-Verbaux de la Société royale de Londres*; n° 44, in-8°.

Proceedings.... *Procès-Verbaux de la Société zoologique de Londres*; 7e partie, 1839, in-8°.

Principles.... *Principes d'Économie politique;* partie 3e et 4e; *par* M. H.-C. CAREY, auteur de l'*Essai sur le taux des Gages;* Philadelphie, 1840, in-8°. (Offert par M. WARDEN.)

The London.... *Magasin philosophique et Journal de Sciences de Londres, d'Édimbourg et de Dublin;* août 1840, in-8°.

The Athenœum; n° 151, juillet 1840, in-4°.

Astronomische... *Nouvelles astronomiques de* M. SCHUMACHER; n° 408.

Gazette médicale de Paris; tome 8, n° 37.

Gazette des Hôpitaux; n° 106 à 108.

L'Expérience, journal de Médecine; n° 167, in-8°.

Gazette médicale de Marseille; n° 8.

Errata. (Séance du 7 septembre.)

Page 441, ligne 5, au lieu de (8) *lisez* (9)

Page 442, ligne 11, au lieu de $[\varpi, K] = 0$, *lisez* $[\varpi, K] = 1$

Page 447, ligne 3, au lieu de Thenard, Dumas, Pelouze, *lisez* Magendie, Double, Pelouze.

Page 449, ligne 6, au lieu de Millet, *lisez* Millot.

COMPTE RENDU

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 21 SEPTEMBRE 1840.

PRÉSIDENCE DE M. PONCELET.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

MÉDECINE. — *Note sur des recherches expérimentales relatives au mode de transmission de la rage; par* M. G. **Breschet.**

« Il y a plus de vingt-cinq ans que M. Dupuytren, M. Magendie et moi, nous fîmes le projet d'étudier, par des expériences multipliées, une maladie dont la nature est encore bien peu connue et dont le traitement laisse tout à desirer. Je veux parler de la rage.

» Plusieurs hydrophobes furent, à diverses époques, soumis à notre observation ou confiés à nos soins, à l'Hôtel-Dieu. Nous entreprîmes sur les animaux une série d'expériences pour l'exécution desquelles l'administration et particulièrement M. Pasquier, alors préfet de police, nous donnèrent toutes les facilités desirables. Ces expériences ont été faites à l'École royale vétérinaire d'Alfort, à la ménagerie du Combat et dans les laboratoires d'anatomie de la Faculté de Médecine. Bientôt les circonstances politiques et surtout les changements produits dans les administrations par les deux invasions des armées étrangères, nous forcèrent à renoncer à nos investigations.

» Cependant, quelques résultats obtenus soutenaient notre zèle et nous faisaient desirer de reprendre ces recherches. Chargé plus particulièrement d'étudier le caractère contagieux de la maladie et son mode de transmission, j'entrepris sur les animaux un grand nombre de vivisections. Je les trouvais cependant insuffisantes pour résoudre d'une manière certaine toutes les questions importantes que nous avions soulevées, et cette cause me fit garder le silence. Mais comme, dans ces derniers temps, des doutes se sont élevés sur la nature contagieuse de la rage, j'ai pensé, dans l'intérêt de la société, qu'il serait convenable de faire connaître nos premières tentatives; bien que je sente l'imperfection de ce travail, il contient pourtant des faits qui mettraient le caractère contagieux hors de doute, si la science tendait à faire un mouvement rétrograde; peut-être aussi que la publication de cette Note excitera le zèle de quelques jeunes médecins qui continueront nos expériences.

» Plusieurs médecins ont été témoins de mes expérimentations et je puis citer parmi les membres de cette Académie, MM. Audouin et Milne Edwards.

» Il est des maladies qui sont propres à certains animaux et qui ne se développent pas spontanément sur d'autres. Ainsi la *rage* appartient au genre *Canis* et plus particulièrement encore au *Chien*. Cependant, si nous en croyons quelques voyageurs, les chiens, en Égypte, ne deviennent jamais enragés. C'est ce que nous a affirmé notre confrère, M. Larrey.

» Bien que la rage spontanée ait été attribuée à des animaux autres que le chien, c'est sur cette espèce que le développement spontané a été bien constaté. C'est de l'espèce *canine* que la maladie est ordinairement transmise aux autres mammifères et à l'homme lui-même.

» La rage, dans l'espèce humaine, n'est jamais spontanée et ne peut résulter ni de l'influence des circonstances hygiéniques, ni d'affections morales. Il y a toujours eu *inoculation*. C'est sans doute pour n'avoir pas bien établi la différence qui existe entre les affections nerveuses où l'on observe l'horreur des liquides, la difficulté d'avaler, etc., etc., et la rage communiquée, qu'on a confondu l'*hydrophobie* avec la *rage proprement dite*, et par un effet tout naturel de cette confusion, on a été conduit à croire au développement spontané de cette dernière affection chez l'homme.

» J'ai observé, à l'Hôtel-Dieu de Paris, un grand nombre de personnes enragées, et constamment chez elles la *rage* reconnaissait pour cause la morsure par un chien atteint de cette même maladie. On a pu noter chez l'homme des accidents nerveux hydrophobiques, survenus

spontanément ou par des causes autres qu'une inoculation, mais ces symptômes étaient bien distincts de la rage elle-même. Ainsi Dumas, professeur célèbre de la Faculté de médecine de Montpellier et membre correspondant de cette Académie, a décrit des *fièvres pernicieuses hydrophobiques* qu'il avait observées à Lyon, lors du siége de cette ville. Guy-Patin a vu l'hydrophobie succéder à l'épilepsie; Mead l'a observée dans l'hystérie, et il n'est peut-être pas de névrose dans laquelle la constriction de la gorge, la difficulté de la déglutition et l'horreur des liquides n'aient été notées; mais, encore une fois, il y a bien loin de ces symptômes nerveux à la *rage*.

» Dans cette dernière affection l'art est toujours impuissant, la maladie se termine constamment par la mort, tandis que l'hydrophobie symptômatique n'est pas mortelle, ou, si elle le devient, cette terminaison funeste dépend essentiellement de la maladie dont elle est une complication, un épiphénomène, pour me servir du langage de l'école.

» Quelle foi peut-on ajouter aux histoires qui ont été publiées sur le développement de la rage produit par une vive affection de l'âme, un profond chagrin, une grande terreur, etc.? Pour répondre à cette question, je me bornerai à raconter un fait dont je dois la connaissance à notre confrère M. Dumas.

» Un célèbre médecin suisse fut un jour mordu au doigt par un petit chien qu'on croyait être enragé; ce médecin conçut une terreur si grande de cette morsure, qu'il quitta subitement la ville qu'il habitait, sans en prévenir sa famille ou ses amis, et se retira à Berne, et s'enferma dans une chambre. Là, armé de pistolets, il était bien résolu de se brûler la cervelle à la première apparition d'un symptôme de la rage. Heureusement aucun accident ne survint, et après deux mois d'attente et d'angoisses, il retourna dans sa ville natale dissiper les vives inquiétudes de tous les siens.

» Si les affections morales pouvaient déterminer la rage, c'est dans une circonstance comme celle-là que l'effet devrait être produit. Je pourrais citer plusieurs observations du même genre, mais je me bornerai à dire que j'ai vu M. Dupuytren être très inquiet pendant plusieurs mois, pour avoir reçu sur une légère écorchure qu'il avait à la main, un peu de bave d'un homme enragé qu'on avait conduit à l'Hôtel-Dieu. Des lotions avec différentes liqueurs, et une cautérisation assez profonde, ne suffisaient pas pour dissiper les craintes de notre confrère; le temps seul put les faire cesser.

» S'il n'existe pas de virus rabique, et si l'influence morale seule pro-

duit la rage, comment se fait-il que de très jeunes enfants, ou des personnes qui n'ont aucune inquiétude, ou qui ne se rappellent point d'avoir été mordues, ont la rage par inoculation, c'est-à-dire par suite d'une morsure? Si le moral seul peut produire cette maladie sans qu'il soit nécessaire d'admettre de virus rabique, comment se fait-il que les animaux aient la rage, et que la maladie se transmette chez eux des uns aux autres par morsure?

» Je suis presque honteux de m'arrêter à de pareilles questions, et si je les indique, c'est pour montrer ce qu'on doit penser de quelques écrits récents adressés à l'Académie des Sciences.

» Parmi les faits que je pourrais citer à l'appui de ce que j'avance, je choisirai une observation dont les détails m'ont été transmis par M. le docteur Le Mazurier, médecin en chef du collége de Versailles. J'ai moi-même vu, à l'Hôtel-Dieu, la jeune malade qui fait le sujet de cette observation.

» Une petite fille de six à sept ans entra dans une des salles de l'Hôtel-Dieu, au mois de juillet 1806; elle avait été mordue à la joue gauche, quelques semaines auparavant, par un de ces petits chiens que l'on porte sous le bras; la plaie, de très petite étendue, avait été négligée par les parents de cette enfant, et cependant n'avait pas tardé à se cicatriser. Personne dans la maison n'avait songé à la possibilité de l'inoculation de la rage à cette enfant par le petit chien, qu'on croyait bien portant alors, et ce ne fut que plus tard que la famille conçut des inquiétudes; mais la jeune fille ignorait tout, même jusqu'au nom de la maladie à laquelle elle devait succomber. A son entrée à l'Hôtel-Dieu la malade ne présentait encore pour symptôme de la rage, qu'un violent spasme du pharynx; les boissons étaient rejetées presque aussitôt après avoir été introduites dans la bouche, et si quelques gouttes de liquide franchissaient l'isthme du gosier, l'enfant exprimait sa satisfaction avec toute la naïveté de son âge. M. Dupuytren, dans le service duquel la malade avait été placée, eut recours, mais sans succès, aux médications généralement employées. Bientôt les symptômes allèrent en augmentant, le délire et les convulsions survinrent, et la mort arriva en peu de temps. La nécropsie ne fut pas pratiquée.

§ I. — *De la transmission de la rage du chien à l'homme.*

» C'est trop m'arrêter sur une circonstance que tous les bons observateurs et les esprits judicieux ne sauraient admettre, celle de la rage

spontanée chez l'homme. Pour nous cette maladie, observée dans l'espèce humaine, est constamment le résultat d'une inoculation, et cette inoculation s'opère le plus souvent par morsure. Cette proposition n'a pas besoin de développement; les faits qui démontrent son exactitude sont connus de tout le monde.

§ II. — *De la transmission de la rage de l'homme au chien.*

» J'aurais peut-être dû parler de la transmission de la rage de l'homme à l'homme; mais aucun fait, aucune observation bien authentique n'est consignée dans les annales de la science. D'après ce que je vais rapporter, il paraîtra peut-être assez raisonnable de penser que ce mode de transmission d'homme à homme est possible, puisque nous avons inoculé et transmis la rage de l'homme au chien. Voici le fait :

» Le 10 mai 1813, un homme âgé de vingt-quatre ans fut mordu par un chien enragé, qui exerça aussi sa fureur sur un grand nombre de personnes, dont plusieurs furent reçues à l'Hôtel-Dieu et cautérisées avec le fer incandescent. Trois de ces personnes étaient dans cet hôpital, lorsqu'on y conduisit le nommé *Surlu*, le 18 juin 1813, troisième jour après l'invasion des accidents de la rage chez cet individu.

» Les trois malades dont je viens de parler et qui avaient été atteints par le même animal qui avait mordu *Surlu*, ne sortirent de l'Hôtel-Dieu que dans le courant du mois d'août et très bien portants, malgré les tourments qu'ils durent éprouver sur leur sort, surtout en connaissant la maladie à laquelle *Surlu* devait succomber. Cette circonstance est ici une nouvelle preuve de l'insuffisance des affections morales pour produire la rage, lorsqu'une cause spécifique (*le virus rabique*) n'a pas été introduite dans la masse de nos humeurs. Mais je reviens au fait principal, à l'histoire de la maladie de *Surlu*. Cet homme avait reçu trois morsures au talon droit, qu'on avait cautérisées, sans doute d'une main timide, avec du beurre d'antimoine, une heure après l'accident. *Surlu*, rassuré par cette opération contre les dangers que sans elle il aurait pu penser avoir à courir, vaqua *sans inquiétude* à ses occupations ordinaires, se livra à la débauche pendant un mois, temps pendant lequel le travail de la cicatrisation des plaies fut achevé. Tout-à-coup ce jeune homme perd sa gaîté naturelle; tous ses mouvements sont brusques, rapides; il s'assied, se relève précipitamment et sans aucun motif; il pleure parfois, et témoigne à ses parents la crainte de devenir enragé. Le lendemain il éprouve de la répugnance

pour les boissons, et, s'il en porte à sa bouche, elles sont subitement rejetées. Le troisième jour de l'invasion de la maladie, tous les symptômes de la rage la plus prononcée se manifestent; ce n'est plus qu'en tremblant que ses parents cherchent à le tranquilliser; ils profitent d'un moment de calme pour le faire monter en voiture et le conduire dans un hôpital. Ce jeune homme en sortant de la maison paternelle croit entendre dire que sa mort est inévitable; cette idée le fait frémir, et le rend à toutes ses fureurs. Admis à l'hôpital, on cherche à calmer son agitation par des paroles consolantes, en lui promettant la guérison, en lui adressant des questions qui peuvent l'intéresser et le rassurer. La vivacité de ses regards, l'inquiétude qui règne dans toute sa personne et l'écume qui s'écoule de sa bouche ou qu'il crache sans cesse, enfin le sentiment de constriction, de douleur à l'arrière-gorge et l'horreur pour les liquides, ne laissent pas de doute sur l'existence de la rage.

» M. Dupuytren, convaincu de l'impossibilité d'entraver la marche de cette maladie et surtout de la guérir par les moyens connus, généralement employés, mais sans succès jusque alors, tels que la morsure de la vipère, les préparations d'oxides métalliques, le mercure en frictions, les saignées répétées, les antispasmodiques, les bains, etc., et la déglutition étant d'ailleurs fort difficile; M. Dupuytren pensa qu'il fallait introduire des médicaments dans la circulation sanguine en les injectant dans le système veineux. Nous pratiquâmes la phlébotomie au bras, et, à l'aide d'une seringue d'Anel, nous injectâmes une solution de deux grains d'extrait muqueux d'opium dans une très petite quantité d'eau distillée. Quelques instants après cette opération il se manifesta un calme encourageant, qui fit administrer au bout de quatre heures et par la même voie, quatre grains du même médicament en solution dans de l'eau distillée. On obtint encore pour quelques heures la rémission des principaux accidents; mais alors on vit le malade s'agiter, changer constamment de position, s'agenouiller sur son lit, vouloir en descendre, porter avec rapidité les mains et les bras autour de lui, et pousser des cris horribles. Il parlait sans cesse et passa la nuit dans cette agitation extrême. Le lendemain matin, à 5 heures, M. Dupuytren trouva le malade dans un grand accablement, mais bientôt survint un nouveau paroxysme.

» Cependant le malade jouissait toujours de la plénitude de sa raison, il parlait de son père, du desir qu'il avait de lui faire un dernier adieu. Six nouveaux grains d'extrait muqueux d'opium en solution aqueuse furent introduits dans la circulation sanguine par une veine du bras. L'effet calmant

fut très peu marqué, l'agitation resta la même : la salive était toujours abondante et écumeuse ; bientôt les regards devinrent fixes, la respiration parut de plus en plus courte, laborieuse, le pouls s'affaiblit rapidement, et le malade expira (1).

» Le 19 juin, pendant un des derniers paroxysmes, nous nous occupâmes, M. Magendie et moi, de recueillir sur des morceaux de linge une assez grande quantité de salive écumeuse, et après avoir fait des incisions à la peau de la région dorsale, sur deux chiens de moyenne taille, nous introduisîmes cette bave écumeuse dans les petites plaies et nous fîmes transporter ces animaux à la ménagerie du Combat. Par l'effet d'un manque de surveillance, un de ces chiens s'échappa, mais l'autre fut attaché et placé dans un lieu de sûreté (2).

» Le 27 juillet, c'est-à-dire trente-huit jours après l'inoculation de la bave de l'homme enragé sous la peau de ce chien, l'animal fut pris d'une rage furieuse. Nous fîmes mordre par lui plusieurs chiens, et au bout d'un mois l'un d'eux fut en pleine rage, et tous les autres devinrent successivement enragés. Nous pûmes pendant assez long-temps, au moyen de l'inoculation, entretenir successivement la rage sur un grand nombre de chiens, afin d'avoir constamment du virus rabique à notre disposition pour pouvoir poursuivre nos expériences.

» Dans ces transmissions d'un animal à un autre, j'ai plusieurs fois observé que la maladie ne se manifestait plus ou que très difficilement lorsque le principe contagieux, c'est-à-dire la bave de l'animal enragé, avait déjà passé successivement par trois ou quatre animaux, et le plus souvent par trois. Si ce fait vient à être confirmé par d'autres expériences, il sera d'un haut intérêt, car il démontrera que les virus s'affaiblissent et finissent par perdre leurs propriétés délétères en passant d'une manière successive d'un individu à plusieurs autres individus.

» J'ai pu constater dans ces circonstances que le plus souvent la rage se développe du vingtième au trentième jour après la morsure, mais dans plusieurs cas je l'ai vue ne se manifester qu'après le troisième mois écoulé. Je dirai aussi que sur plusieurs chiens enragés, j'ai vu l'*hydrophobie*,

(1) Voyez la thèse de Ch.. Busnout. *Dissertation sur la rage*, n° 17 ; Paris, 1814.

(2) Cette expérience est la seule que j'aie faite avec M. Magendie : toutes les autres recherches ont été poursuivies séparément par M. Magendie ou par moi. Je ne citerai donc à l'avenir que les faits qui m'appartiennent en particulier. (Voyez le *Journal de Physiologie* de M. Magendie, tome I, page 42.)

c'est-à-dire l'horreur de l'eau, manquer, et à un tel point, que ces animaux buvaient avec avidité l'eau qu'on leur présentait ou qu'on leur injectait dans la gueule. J'ajouterai cependant que ce fait n'a pu être observé que sur un petit nombre de chiens enragés, mais ces observations me paraissent pourtant suffire pour démontrer que la *rage* et l'*hydrophobie* sont deux états morbides bien différents et bien distincts.

» Notre observation de transmission de la rage de l'espèce humaine à l'espèce canine me paraît une nouvelle preuve de l'existence d'un *virus rabique*, et démontre le caractère essentiellement contagieux de la maladie par inoculation. Cependant, avant de porter un jugement définitif, il faut attendre de nouveaux faits, et il conviendrait de tenter de nouvelles expériences. J'ignore si depuis l'inoculation que nous avons pratiquée en instillant de la bave, recueillie sur l'homme, dans le tissu cellulaire du chien, cette vivisection a été répétée par d'autres physiologistes.

§ III. *Transmission de la rage des animaux carnivores aux animaux herbivores.*

» Dans le cours de ces expériences j'ai cherché à transmettre par inoculation proprement dite ou par morsure la rage des mammifères carnivores aux mammifères herbivores. Dans une première expérience j'ai fait mordre un âne de forte taille par un chien qui était dans toute la fureur de la rage, et au bout de trois semaines l'animal solipède présenta tous les symptômes de la maladie au plus haut degré. Je puis même affirmer que je n'ai jamais vu d'animal enragé plus furieux et avec un plus vif desir de mordre. En effet cet âne, ne pouvant saisir d'autres animaux, se déchirait le poitrail et se mettait tout en sang.

» J'ai aussi transmis la rage du chien à deux chevaux; mais ici, au lieu de faire mordre ces derniers animaux, j'ai inoculé la rage, en insérant sous la peau, de la bave recueillie dans la gueule des chiens enragés, à l'aide d'une éponge fixée à l'extrémité d'un bâton.

» Chez ces deux chevaux la maladie avait tous les caractères de la rage, mais à un degré moins intense et avec moins de promptitude que chez l'âne.

§ IV. *Transmission de la rage par inoculation des solipèdes aux carnivores.*

» Pendant la durée de la rage des solipèdes, et particulièrement chez l'âne, j'ai recueilli de la bave dans la bouche de ces animaux, et cette bave, introduite sous la peau de plusieurs chiens, a déterminé chez eux,

après une incubation de vingt-cinq à quarante jours, tous les accidents de la rage. Cette expérience, faite sur plusieurs chiens et avec les mêmes résultats, ne paraît pas laisser de doute sur la transmission de la rage des herbivores aux carnivores, circonstance qui est niée par quelques vétérinaires.

» Ces mêmes chiens, devenus enragés par suite de l'inoculation, ont transmis la rage à d'autres chiens. Il ne peut donc pas exister d'incertitude sur leur maladie. Comment donc expliquer cette différence dans les résultats? Nous pouvons alléguer en notre faveur qu'en fait de contagion, même par inoculation, on peut souvent échouer et l'absorption ne pas avoir lieu. Toutes les personnes qui vivent dans un foyer de contagion ne contractent pas la maladie; toutes les personnes que l'on vaccine ne voient pas se développer sur elles des boutons de vaccin, etc., etc.

» Je sais qu'on pourra nous dire que les chiens sur lesquels j'ai inoculé la bave provenant des mammifères herbivores enragés, auraient peut-être eu la rage lors même qu'on ne les aurait pas inoculés. C'est possible; mais comment se fait-il que ce soient les chiens inoculés qui aient eu la rage, et qu'à côté d'eux, dans le même établissement, les autres chiens, exposés aux mêmes influences, n'aient pas présenté la même maladie? Avant de décider la question il faut encore répéter les expériences.

» Les physiologistes et les vétérinaires qui n'admettent pas la transmission de la rage des herbivores aux carnivores n'ont peut-être pas assez tenu compte du mode de transmission. L'animal carnivore a des dents favorablement disposées pour la morsure et pour inoculer un principe virulent dans la plaie faite par une dent pointue, une dent laniaire; tandis que chez l'herbivore, le ratelier dentaire est composé d'instruments plutôt contondants que piquants ou incisifs; dès-lors les tissus ne se trouvent point dans les conditions voulues pour une bonne inoculation. Nous ajouterons qu'en admettant une solution de continuité dans les tissus animaux par la morsure des herbivores, la plaie est toujours compliquée d'une très forte contusion, et cette altération rend les tissus peu propres à absorber une matière qui se présente toujours en fort petite quantité. Ce n'est donc que d'après des inoculations bien faites par l'instrument du physiologiste, qu'on pourra définitivement prononcer sur la transmission ou la non-transmission de la rage des herbivores aux carnivores. Cependant je dois dire ici que quelques expériences de ce genre ont déjà été tentées, et qu'elles ont donné des résultats contraires à ceux que j'ai obtenus. Ces ex-

périences sont consignées dans le *Journal de Physiologie* de M. Magendie (1).

§ V. *Essai de transmission de la rage, par inoculation, des mammifères carnivores aux rongeurs.*

» Nous avons inoculé de la bave provenant de chiens enragés à des lapins, des cabiais, etc., et presque constamment nous avons vu, au bout de très peu de temps, ces derniers animaux périr, mais sans que nous ayons pu constater sur eux aucun des symptômes caractéristiques de la rage.

§ VI. *Essai de transmission de la rage, par inoculation, des mammifères carnivores aux oiseaux.*

» De semblables expériences ont été tentées par nous sur des oiseaux de différentes espèces, des gallinacées, des palmipèdes, des corneilles, des oiseaux de proie, etc., et presque toujours nous avons vu périr ces animaux sans avoir pu reconnaître chez eux l'apparition et le développement des symptômes de la rage. Ces résultats nous ayant fait penser que les oiseaux mouraient de la blessure de l'inoculation et non de l'introduction d'une substance délétère dans leurs tissus, nous avons pratiqué à d'autres oiseaux de semblables blessures, sans y introduire de bave provenant d'animaux enragés. Ces animaux ont continué à vivre.

» Je dirai, à cette occasion, que l'absorption des virus et des substances délétères est très active et très prompte chez les oiseaux. Je donnerai, à l'appui de cette proposition, des expériences que j'ai faites d'abord avec M. le docteur Pravaz, puis que j'ai plusieurs fois répétées.

» Je possédais du venin de plusieurs reptiles ophidiens, que M. Lamare-Picquot avait rapporté des Indes orientales. Je délayais une très petite quantité de ce virus avec de la salive ou un peu d'eau; puis, chargeant de cette solution une aiguille à cataracte, j'inoculais le venin à des pigeons ou à des oiseaux d'une plus grande taille. Huit ou dix minutes après cette inoculation, l'oiseau était tremblant, respirait avec peine, traînait de l'aile et, ne pouvant plus se tenir sur ses pattes, tombait sur le dos et présentait des mouvements spasmodiques. S'il ne recevait de prompts secours, il mourait en peu d'instants.

---

(1) *Journal de Physiologie* de M. Magendie, t. VIII, p. 306.

» Je dis s'il ne recevait un prompt secours, parce que nous possédions un moyen sûr pour annihiler l'action délétère du venin, moyen qui nous réussissait constamment, si nous ne différions pas trop long-temps son emploi. Il suffisait simplement d'établir un courant électrique par la plaie de l'inoculation, à l'aide d'un fil métallique communiquant avec un des pôles d'une pile galvanique en fonction, l'autre bout du fil métallique étant en contact avec un autre point du corps de l'animal.

» Par l'action de ce courant électrique, on voyait peu à peu les accidents morbides s'affaiblir, puis disparaître, et l'animal revenir à la vie et à la santé.

» Si j'avais connu l'action de cet agent lors de mes expériences sur la rage, je me serais empressé de l'employer; mais ce n'est que beaucoup plus tard que M. Pravaz m'en a donné connaissance.

§ VII. *Transmission de la rage d'herbivore à herbivore.*

» Dans le cours de mes expériences je desirais aussi m'assurer si la rage peut se communiquer d'un herbivore à un autre herbivore; mais, forcé par les circonstances à cesser mes recherches expérimentales, je n'ai pas pu constater si cette transmission avait lieu. Je sais seulement que beaucoup de vétérinaires ne la croient pas possible (1).

---

(1) Je joindrai ici, en note, une observation que je dois à l'obligeance de mon ami et confrère M. Boussingault, et qui semble confirmer l'opinion des vétérinaires.

« En 1829, M. Henri Bodmer fut chargé, par l'administration des mines de la Colombie, de conduire un fort détachement de mineurs anglais depuis Falmouth jusqu'à la Vega-de-Supia, où je résidais. M. Bodmer s'était procuré un jeune chien en Angleterre, un épagneul : c'était le seul chien de l'expédition. Les mineurs anglais débarquèrent à Santa-Martha; là l'expédition perdit environ le tiers de son monde. On employa près de six semaines à remonter la grande rivière de la Magdalena, en laissant encore des morts sur la route; enfin, pour arriver à Supia, on traversa la Cordilière de Sonson, c'est-à-dire qu'on passa brusquement d'une température de 28 à 36°, à celle de 18 à 10°, température que l'on éprouve fréquemment dans les forêts élevées du Paramo de Sonson. Le chien, pendant ce voyage si pénible pour les hommes, conserva sa santé, sa gaîté, son appétit, et il vint s'installer chez moi, dans la ferme du Rodeo. Quelques jours après son arrivée, nous remarquâmes que ce chien manifestait une tendance au sommeil, il mangeait moins; plus tard, il évitait les personnes qu'il avait l'habitude de caresser. Nous étions portés à voir dans tout cela une conséquence de la fatigue du voyage; M. Bodmer était d'ailleurs convaincu que son chien n'avait pas été mordu. Notre chien refusa bientôt les aliments, il s'était

§ VIII. *Des voies et moyens divers par lesquels j'ai cherché à transmettre la rage.*

» Avant de terminer cette Note, je dirai quelques mots sur les voies diverses par lesquelles j'ai cherché à transmettre la rage soit à des animaux de même espèce, soit à des animaux d'espèces différentes, et comment j'ai fait ces tentatives. C'est toujours avec la bave de l'animal enragé que j'introduisais dans les tissus organiques vivants, soit par la morsure faite par l'animal malade à l'animal sain, soit par l'inoculation, que j'ai transmis la maladie.

» Sur des herbivores comme sur des carnivores, j'ai porté dans le rectum

---

placé sous un canapé; un jeune anglais (M. Lane) ayant voulu le débusquer à l'aide d'une canne, le chien s'élança sur lui, et mordit fortement le canne, puis, traversant un groupe de plusieurs personnes, sans les attaquer, il sauta à la tête d'un cheval qui se trouvait sur son passage, le mordit très légèrement à la bouche, et prit sa course vers la route.

» Je fis aussitôt partir des estafettes pour prévenir les travailleurs, en leur ordonnant de tuer tous les chiens du district. Malheureusement le chien enragé devança les messagers; il arriva aux mines de Mamato, passa au milieu d'une centaine d'anglais sans les attaquer; continuant sa course vers la vallée du Cauca, il entra dans l'hacienda de Murago; sur la route il mordit sept personnes: sur ces sept personnes, six n'éprouvèrent aucun accident; un jeune nègre devint seul enragé. Il mourut environ un mois après la morsure, malgré les soins empressés qui lui furent donnés par notre médecin, le docteur Jervis.

» Le cheval qui fut mordu par le chien ne présenta d'abord aucun symptôme alarmant; c'était un cheval remarquable par sa douceur. Dans la montagne, dans les chemins les plus dangereux, ce cheval déployait une adresse et une vigueur étonnantes; j'indique ces circonstances, pour montrer que le virus qui donne la rage n'agit qu'avec une lenteur extrême. Pendant près de deux mois, le cheval ne changea rien à ses habitudes : même douceur, mêmes qualités Le docteur Jervis a cependant cru remarquer que le cheval, depuis sa morsure, transpirait beaucoup plus, qu'il se fatiguait plus promptement.

» Un jour, c'était au moins deux mois après l'évènement du chien enragé, notre cheval qui se trouvait dans la cour, prend le galop, franchit la barrière, court dans la prairie de Zupia, mord tout ce qui se rencontre devant lui, chevaux, juments, poulains, vaches, taureaux; puis, prenant sa course vers la forêt, il disparaît.

» Toutes les recherches faites pour retrouver le cheval furent inutiles; quelques mois après, un indien rapporta des fers qu'il avait trouvés dans les bois, à environ une lieue de mon habitation : ces fers étaient ceux du cheval, le seul peut-être qui fût ferré dans toute la province d'Antioquia.

» Aucun des animaux mordus par le cheval ne prit la rage. »

ou dans la bouche, et jusque dans l'estomac de l'animal sain, de la bave d'animal enragé, en chargeant de cette matière des morceaux d'éponge ou en la mêlant à du pain ou à de la viande, et jamais je n'ai pu parvenir à transmettre la rage. Il faut donc pour que l'effet morbide soit produit, que la bave ou humeur contenant la matière virulente soit en contact avec des surfaces dénudées.

» Ces résultats négatifs sont comparables à ceux qu'a obtenus Fontana, qui affirme avoir mis sur sa langue et sur celle de son domestique du venin de la vipère, sans avoir causé d'accidents (1); mais ils sont en opposition avec ce que rapportent Énaux et Chaussier, qui disent avoir vu un homme atteint de la rage pour avoir reçu sur les lèvres de la bave d'un chien enragé (2).

» J'ai inséré sous la peau de plusieurs chiens, des portions soit de muscles, soit de tendons ou d'autres tissus organiques provenant d'animaux enragés et jamais je n'ai vu, sous cette cause, la rage se développer.

» Le sang serait-il altéré dans cette maladie? Je ne puis jusqu'ici répondre à cette question qu'en rapportant les expériences que j'ai tentées. Plusieurs fois j'ai cherché à faire la transfusion du sang, c'est-à-dire à faire passer le sang d'un chien enragé dans le système circulatoire d'un chien en état de santé. Mais comme l'expérience est délicate, difficile et surtout dangereuse, au lieu de continuer à pratiquer la transfusion, je me suis borné plus tard à obtenir par la saignée du sang de l'animal enragé, et après l'avoir délayé avec un peu d'eau distillée tiède, je l'ai injecté dans la veine d'un animal sain. Je déclare aussi que dans toutes ces expériences je ne suis jamais parvenu à déterminer le développement de la rage, bien que ces expériences aient été répétées plusieurs fois. Je délayais avec un peu d'eau le sang que j'obtenais d'un animal enragé, parce que chez le chien le sang est très coagulable, très plastique, et on ne peut l'injecter que difficilement, si on ne lui donne pas une plus grande fluidité.

» Ces derniers essais ne tendent-ils pas à démontrer que la bave ou liquide écumeux qui s'écoule par la bouche de la personne atteinte de rage ou de la gueule du chien frappé par la même maladie, offre seule les con-

---

(1) *Traité sur le venin de la vipère, sur les poisons américains, etc.*, Tome I, p. 44 et 45; Florence, 1781.

(2) *Méthode de traiter la morsure des animaux enragés, etc.*

ditions nécessaires pour transmettre la rage. Cette bave est donc réellement une humeur altérée, une humeur dans un véritable état morbide, ou bien le véhicule d'un principe délétère, d'un véritable virus rabique nouvellement sécrété, mais dont la nature nous est jusqu'ici complétement inconnue.

» La rage est donc une maladie virulente contagieuse et non l'effet d'une affection morale. C'est la conclusion à laquelle j'ai été naturellement conduit en suivant la voie de l'expérimentation.

» Mon intention a été, en lisant cette Note, de remplir un engagement que j'avais contracté envers cette Académie et de faire connaître les premiers essais pour arriver à résoudre un grand problème, la connaissance de la nature de la maladie, afin de pouvoir parvenir d'une manière rationnelle à la découverte d'un agent médicinal pour guérir la rage. Il est à regretter que des causes majeures m'aient arrêté dans des études dont la poursuite exigeait quelque courage et un grand dévouement, mais dont les résultats auraient pu avoir pour l'humanité une grande importance. L'oubli dans lequel étaient restées ces premières tentatives indique suffisamment que je considérais mon travail comme trop imparfait pour être publié. Cependant les faits qui lui appartiennent doivent paraître suffisants pour continuer à faire admettre la contagion de la rage et pour n'avoir pas besoin d'invoquer le développement spontané de cette maladie chez l'homme. Je laisse toute latitude à ceux qui ne veulent voir dans la rage qu'une affection nerveuse, paraissant sous l'influence de causes morales.

» Mon but a été d'établir, d'après ces expériences, que la rage est une maladie contagieuse. J'attendrai maintenant que les partisans de la non-contagion et de la non-existence d'un principe contagieux dans la salive ou bave écumeuse provenant soit de la bouche, soit du pharynx ou des canaux de la respiration, viennent démontrer l'exactitude de leur opinion par des faits bien observés et bien authentiques. Jusqu'ici aucun de ceux qu'on a cités ne peut être admis comme démonstratif pour faire croire à la possibilité de la *rage spontanée* chez l'homme. La dissidence d'opinions qui existe encore doit être attribuée à ce que des esprits peu rigoureux ou mauvais observateurs ont confondu un *symptôme* avec une *maladie*: je veux parler de l'*horreur des liquides* ou *hydrophobie*, phénomène commun à plusieurs maladies, et de *la rage*, qui est une maladie toute particulière et qu'on a observée parfois sans qu'il existât d'hydrophobie.

§ IX. *Des altérations pathologiques trouvées sur les cadavres des hommes et des animaux morts de la rage.*

» Je terminerai cette Note en indiquant avec rapidité les principales altérations morbides que j'ai reconnues dans le corps de l'homme ou des animaux que la rage avait fait périr.

» On serait assez porté à penser que le pharynx doit être la principale partie affectée, et cependant, dans un assez grand nombre de cas, cet organe avait sa couleur naturelle; mais, chez d'autres, c'était à partir du pharynx qu'on apercevait des traces de lésion dans les voies digestives; car la cavité buccale, les glandes sous-maxillaires et parotides n'ont rien offert de particulier. L'isthme du gosier, le voile du palais, le pharynx et l'œsophage avaient tantôt une teinte rosée très marquée, et plus souvent encore la membrane muqueuse de ces parties des voies digestives était d'un rouge intense, tirant parfois sur le violet. Une mucosité écumeuse semblable à celle des voies respiratoires recouvrait toutes ces surfaces et descendait jusqu'à l'origine de l'œsophage. Très rarement l'estomac était vide, mais il contenait du foin, de la paille et de petits fragments de bois ou des portions de tout ce que l'animal avait pu saisir, briser et avaler. Dans l'estomac d'animaux herbivores cette circonstance paraîtrait peu importante, mais chez des carnivores, je la crois digne de remarque.

» Les lésions de l'appareil circulatoire, si ce n'est la distension des vaisseaux capillaires pulmonaires par du sang noir, étaient peu marquées. Je regrette de n'avoir pas soumis le sang à l'analyse chimique et à l'examen du microscope. C'est une lacune qu'il faudra remplir plus tard. Je suis assez porté à penser que l'altération de ce liquide doit être peu considérable, puisque son introduction dans le tissu cellulaire ou dans les vaisseaux d'animaux sains a été sans résultats. Que penser après cela de ce que dit un ancien membre de cette Académie?..... Lémery a inséré dans l'*Histoire de l'Académie des Sciences*, année 1707, qu'un chien devint enragé après avoir bu du sang d'un homme hydrophobe qu'on venait de saigner.

» L'examen du système nerveux m'a fréquemment fait reconnaître une injection sanguine de tout le réseau vasculaire de la pie-mère, de la circonférence du cerveau, des anfractuosités vers les scissures, particulièrement vers la scissure de Sylvius.

» On a prétendu que la rage produisait une inflammation de l'encéphale et du cordon rachidien; mais, excepté l'injection des vaisseaux de

l'arachnoïde, parfois l'apparence d'un ramollissement dans la substance du cerveau, du cervelet ou de la moelle épinière et une infiltration séro-albumineuse dans le tissu lâche sous-arachnoïdien, particulièrement autour des vaisseaux, vers les grandes scissures de l'encéphale, je n'ai pu constater aucune altération matérielle, aucun état inflammatoire bien prononcé et incontestable. Ce que je dis de la substance de l'encéphale, je puis l'affirmer aussi pour les méninges ou enveloppes de ce viscère. J'insiste sur cette circonstance, parce que des médecins ont attribué la rage à une inflammation qu'ils ont placée dans les membranes du rachis et surtout dans la substance du bulbe rachidien.

» J'ai déjà signalé l'infiltration séro-gélatiniforme dans le tissu cellulaire de la pie-mère et sur le trajet des branches artérielles principales.

» La coloration des poumons chez les personnes mortes de la rage a été notée comme offrant de grandes différences suivant l'âge des sujets, les phénomènes et la durée de l'agonie, et suivant que cet organe était sain ou malade avant l'invasion de la rage.

» Sur les animaux j'ai trouvé cet organe d'une teinte rouge plus ou moins intense et parfois d'un brun foncé ou de couleur de brique. Rarement tout l'organe offrait cette coloration; mais le plus souvent elle était répandue çà et là, ou bien elle occupait une portion plus ou moins grande et circonscrite du tissu pulmonaire.

» Les vaisseaux sanguins et surtout les veines étaient gorgés de sang noir, liquide, et les vaisseaux capillaires contenaient aussi du sang noir.

» Une des altérations les plus fréquentes, c'est celle de la membrane muqueuse des voies aériennes: une teinte rouge, parfois violacée ou presque brune, appartenait principalement aux bronches et moins souvent à la trachée-artère. Le larynx ou en était exempt, ou n'offrait cette coloration que d'une manière légère. Plusieurs fois j'ai noté l'emphysème de la région cervicale et surtout celui du poumon. Cet emphysème paraissait être interlobulaire dans le tissu cellulaire lui-même. Tantôt on apercevait sous la plèvre çà et là des bulles d'air, tantôt la pression du tissu faisait reconnaître que le fluide élastique était plus profondément situé. Dans plusieurs cas j'ai vu les bulles d'air suivre les vaisseaux sanguins dans leurs diverses divisions et subdivisions. Morgagni, bien avant nous, a signalé ce genre d'infiltration de l'air dans le tissu du poumon. Cet emphysème a été attribué à la rupture de quelques vésicules pulmonaires, par les cris et les grands efforts respiratoires que font les personnes et les animaux enragés. Louis a cité (*Mémoires de l'Académie de chirurgie*, tom. IV et V;

plusieurs exemples d'emphysème du poumon et du tissu cellulaire du cou comme un des effets de la présence de corps étrangers tombés dans les voies aériennes. Ici, de même que dans la rage, il faut rapporter au trouble de la respiration et à la déchirure du tissu pulmonaire le passage de l'air dans le tissu interlobulaire du poumon.

» Il serait difficile d'indiquer d'une manière précise et positive d'où provient la bave écumeuse que sécrètent en abondance les animaux enragés : communément on la considère comme étant de la salive. Cependant les glandes salivaires ne sont pas plus gonflées, ne paraissent point recevoir plus de sang ou ne sont pas plus rouges que dans l'état ordinaire. On découvre au contraire dans la trachée-artère, les bronches, le pharynx et l'arrière-gorge, une grande quantité de ce liquide écumeux. Ces circonstances portent à penser que la salive n'entre que comme partie de ce liquide écumeux, dans la composition duquel concourent les sécrétions de sérosité et de mucus des surfaces que nous venons d'indiquer. Ces remarques ont déjà été faites, mais il faudrait que l'analyse chimique, si elle était assez perfectionnée, pût nous montrer la nature différente de ces diverses humeurs prises sur des points divers des voies respiratoires et digestives. Les inoculations de ces diverses liqueurs aux animaux pourraient aussi concourir à indiquer leurs différences. Tout reste à faire encore sur la pathologie des humeurs, et leur physiologie est à peine ébauchée. »

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Note sur le développement de la fonction perturbatrice; par* M. Augustin Cauchy.

« En suivant la méthode que j'ai indiquée dans mon dernier Mémoire, on développe la fonction perturbatrice R relative à l'une quelconque des planètes en une série de sinus et cosinus d'arcs qui varient proportionnellement au temps. Cette méthode exige, comme on l'a vu, la détermination de certaines intégrales définies simples, dont chacune dépend uniquement du rapport entre les grands axes des orbites de deux planètes, de l'inclinaison mutuelle des plans de ces orbites, et de l'angle compris sur le plan fixe entre les lignes des nœuds. Mais ce qu'il importe de remarquer, et ce que l'on verra dans cette Note, c'est que pour obtenir dans le développement de R le coefficient du terme correspondant à un argument donné, c'est-à-dire à la somme et à la différence de deux multiples donnés des anomalies moyennes de deux planètes, il suffit de calculer un petit nombre de ces intégrales définies.

» J'indique aussi, dans la présente Note, un nouveau moyen d'obtenir, dans le développement de la fonction perturbatrice, ce que j'ai nommé les facteurs simples. Ce nouveau moyen est particulièrement utile lorsqu'on se propose d'obtenir les termes indépendants du temps, et permet de présenter ces termes sous une forme tres simple. La détermination de ces termes, dont je donne les valeurs exactes, est d'ailleurs, comme on sait, d'une grande importance, puisque c'est d'eux que dépendent les inégalités séculaires du premier ordre dans le mouvement des planètes.

ANALYSE.

§ I. *Tableau général des formules pour le développement de la fonction perturbatrice.*

» Comme on l'a vu dans le dernier numéro, si l'on nomme $m, m', \ldots$ les masses des planètes, $r, r' \ldots$ leurs distances au Soleil, ι la distance des planètes m, m', et δ leur distance apparente, vue du centre du Soleil, la fonction perturbatrice relative à la planète m, c'est-à-dire, la valeur de R déterminée par l'équation

$$(1) \qquad R \; \frac{m'r}{r'^3}\cos\delta + \ldots - \frac{m'}{\iota} - \ldots,$$

pourra être présentée sous la forme

$$(2) \qquad R = \sum (m, m')_{n, n'} e^{(nT + n'T')\sqrt{-1}},$$

T, T' désignant les anomalies moyennes relatives aux planètes m, m', $(m, m')_{n, n'}$ étant le coefficient de l'exponentielle

$$e^{(nT+n'T')\sqrt{-1}}$$

dans le développement de R, et le signe $\sum$ s'étendant d'une part à toutes les planètes perturbatrices $m', m'', \ldots$, d'autre part à toutes les valeurs entières positives, nulles ou négatives de n', n'.

» Cela posé, si l'on nomme $A_{n, n'}$ la partie du coefficient $(m, m')_{n, n'}$ qui dépend du terme $\frac{m'r}{r'^3}\cos\delta$, c'est-à dire, de l'action exercée par la planète m' sur le Soleil, et par $-B_{n, n'}$ la partie qui dépend du terme $-\frac{m'}{\iota}$, c'est-à-

dire de l'action de la planète m' sur la planète m, on aura

(3) $$(m, m')_{n,n'} = A_{n,n'} - B_{n,n'}.$$

De plus, en vertu des principes que nous avons établis, les valeurs des coefficients $A_{n,n'}$, $B_{n,n'}$, se trouveront déterminées comme il suit.

» Soient

a, a' les demi grands axes des orbites des planètes m, m',

ϵ, ϵ' les excentricités de ces orbites,

ϖ, ϖ' les longitudes des périhélies,

φ, φ' les angles formés par les lignes des nœuds avec un axe fixe,

ι, ι' les inclinaisons des deux orbites,

I leur inclinaison mutuelle.

Nommons d'ailleurs $\varkappa$, $\varkappa'$ les tangentes des moitiés des angles aigus qui ont pour sinus ϵ, ϵ'; posons

(4) $$\lambda = \frac{1}{2}\left(\frac{a}{a'} + \frac{a'}{a}\right), \quad \mu = \cos^2 \frac{I}{2}, \quad \nu = \sin^2 \frac{I}{2};$$

et supposons les angles auxiliaires Π, Φ déterminés par les formules

(5) $$\begin{cases} \cos\Pi = \dfrac{(1+\cos\iota\cos\iota')\cos(\varphi'-\varphi)+\sin\iota\sin\iota'}{2\mu}, & \sin\Pi = \dfrac{\cos\iota'+\cos\iota}{2\mu}\sin(\varphi'-\varphi), \\ \cos\Phi = \dfrac{(1-\cos\iota\cos\iota')\cos(\varphi'-\varphi)-\sin\iota\sin\iota'}{2\nu}, & \sin\Phi = \dfrac{\cos\iota'-\cos\iota}{2\nu}\sin(\varphi'-\varphi). \end{cases}$$

Si, pour abréger, l'on désigne par $(k)_l$ le coefficient numérique de k^l dans le développement du binome $(1+x)^k$, en sorte qu'on ait

(6) $$(k)_l = \frac{k(k-1)\ldots(k-l+1)}{1.2\ldots l},$$

la valeur de $A_{n,n'}$ se trouvera déterminée par le système des formules

(7) $$A_{n,n'} = m'\left[\begin{array}{l} P_{1,1}\,Q_{-1,-1}\,e^{(\varpi+\varpi')\sqrt{-1}} + P_{-1,-1}\,Q_{1,1}\,e^{-(\varpi+\varpi')\sqrt{-1}} \\ + P_{-1,1}\,Q_{1,-1}\,e^{(\varpi'-\varpi)\sqrt{-1}} + P_{1,-1}\,Q_{-1,1}\,e^{(\varpi-\varpi')\sqrt{-1}} \end{array}\right];$$

$$(8)\begin{cases} P_{1,1} = \frac{1}{2}\nu e^{\Theta\sqrt{-1}},\ P_{-1,-1} = \frac{1}{2}\nu e^{-\Theta\sqrt{-1}},\ P_{-1,1} = \frac{1}{2}\mu e^{\Pi\sqrt{-1}},\ P_{1,-1} = \frac{1}{2}\mu e^{-\Pi\sqrt{-1}}, \\ Q_{1,1} = q_1 q'_1, \qquad Q_{-1,-1} = q_{-1} q'_{-1},\ Q_{-1,1} = q_{-1} q'_1,\quad Q_{1,-1} = q_1 q'_{-1}; \end{cases}$$

$$(9)\begin{cases} q_1 = a\left(\frac{\iota}{2\nu}\right)^{n} \sum (-1)^{\frac{k-f+g-n-1}{2}} (3)_f (1)_g (k)_{\frac{k-f+g+n+1}{2}} \dfrac{\left(\frac{n\iota}{2}\right)^k}{1.2\ldots k} \eta^{f+g}, \\ q_{-1} = a\left(\frac{\iota}{2\nu}\right)^{n} \sum (-1)^{\frac{k-f+g-n+1}{2}} (1)_f (3)_g (k)_{\frac{k-f+g+n-1}{2}} \dfrac{\left(\frac{n\iota}{2}\right)^k}{1.2\ldots k} \eta^{f+g}; \end{cases}$$

$$(10)\begin{cases} q'_1 = a'^{-3}\left(\frac{\iota'}{2\nu'}\right)^{-n'} \sum (-1)^{\frac{k'+g'-n'-1}{2}} (-2)_{g'} (k')_{\frac{k'+g'+n'+1}{2}} \dfrac{\left(\frac{n'\iota'}{2}\right)^{k'}}{1.2\ldots k'} \eta^{g'}, \\ q'_{-1} = a'^{-3}\left(\frac{\iota'}{2\nu'}\right)^{-n'} \sum (-1)^{\frac{k'-f'-n'+1}{2}} (-2)_{f'} (k')_{\frac{k'-f'+n'-1}{2}} \dfrac{\left(\frac{n'\iota'}{2}\right)^{k'}}{1.2\ldots k'} \eta^{f'}. \end{cases}$$

Il est bon d'observer qu'en vertu des équations (7) et (8) on aura

$$(11)\begin{cases} A_{n,n'} = \frac{m'}{2}\nu\left[q_{-1} q'_{-1} e^{(\varpi+\varpi'+\Theta)\sqrt{-1}} + q_1 q'_1 e^{-(\varpi+\varpi'+\Theta)\sqrt{-1}}\right] \\ \qquad + \frac{m'}{2}\mu + q_{-1} q'_1 e\left[q_1 q'_{-1} e^{(\varpi'-\varpi-\Pi)\sqrt{-1}-(\varpi'-\varpi+\Pi)\sqrt{-1}}\right]; \end{cases}$$

en sorte que, pour déterminer la valeur de $A_{n,n'}$, il suffira de joindre la formule (11) aux équations (9) et (10).

» Quant à la valeur de $B_{n,n'}$, elle se trouve déterminée par le système des formules

$$(12)\qquad B_{n,n'} = m' \sum D_\lambda^l P_{h,h'} Q_{-h,-h'} e^{(h\varpi+h'\varpi')\sqrt{-1}},$$

$$(13)\quad P_{h,h'} = \sum \frac{\left(-\frac{1}{2}\nu\right)^i}{1.2\ldots i} (l)_{\frac{2i+h+h'}{4}} e^{\frac{1}{2}(h'+h)\Theta\sqrt{-1}} e^{\frac{1}{2}(h'-h)\Pi\sqrt{-1}} D_\lambda^i \Lambda_{\frac{h'-h}{2}},$$

$$(14)\qquad \Lambda_{\frac{h'-h}{2}} = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} \frac{\cos\frac{h'-h}{2}p}{(\lambda-\mu\cos p)^{\frac{1}{2}}}\,dp,$$

$$(15)\qquad Q_{h,h'} = \frac{2^{-l-i}}{1.2\ldots l} \sum (-1)^{i+j} (l)_i\,(l)_j\, q_h q'_{h'},$$

(16) $$q_h = a^{l-2i-h}\left(\frac{1}{2\pi}\right)^{\frac{1}{2}-i}\varepsilon^{j}\sum\left(\tfrac{1}{2}-i-h\right)_f\left(\tfrac{1}{2}-i-h\right)_g\frac{(n\varepsilon)^k}{1.2\ldots k}(-\varkappa)^{f+g}\,\mathfrak{N}_{f-g-h-n,\,j,\,k},$$

(17) $$\mathfrak{N}_{i,j,k} = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} e^{i\psi\sqrt{-1}}\cos^j\psi\,(\sin\psi\sqrt{-1})^k\,d\psi.$$

De plus, en vertu de la formule (17), $\mathfrak{N}_{i,j,k}$ représente le terme constant, c'est-à-dire indépendant de x, dans le développement du produit

$$\left(\tfrac{1}{2}\right)^{j+k} x^i (x+x^{-1})^j (x-x^{-1})^k,$$

en sorte qu'on a encore

(18) $$\mathfrak{N}_{i,j,k} = \left(\tfrac{1}{2}\right)^{j+k}\sum(-1)^{k-d}(k)_d\,(j)_{\frac{k-i+j}{2}-d}.$$

Enfin, si l'on nomme

$$i',\ j',\ f',\ g',\ k',$$

ce que deviennent

$$i,\ j,\ f,\ g,\ k$$

lorsqu'on passe de q_h à $q'_{h'}$, on aura

(19) $$i+i'=l,\qquad j+j'=l.$$

» On ne doit pas oublier que le signe sommatoire $\sum$ s'étend, dans la formule (12), aux diverses valeurs entières, nulle ou positives de l; dans la formule (13), aux diverses valeurs entières, nulles ou positives, de i; dans la formule (15), aux valeurs entières, nulles ou positives, de i, j; enfin dans les formules (9), (16), aux valeurs entières, nulles ou positives de, k, f, g, et dans les formules (10), aux valeurs entières, nulles ou positives, de k', f', g'. Ajoutons que l'expression $(k)_l$ suppose le nombre l entier, mais non supérieur à k, et doit être remplacée par zéro, quand ces conditions ne sont pas remplies. Il en résulte que la valeur de $P_{h,h'}$ donnée par les formules (13) sera nulle si la somme $h+h'$ est impaire; que, dans la formule (15), i, j ne doivent pas surpasser l; que, dans les formules (9), l'un des nombres f, g admet seulement les valeurs 0, 1, et l'autre les valeurs 0, 1, 2, 3; que, dans les formules (9) et (10), k ou k'

doit surpasser la moitié de la somme

$$k-f+g+n+1, \text{ ou } k-f+g+n-1, \text{ ou } k'+g'+n'+1, \text{ ou } k'-f'+n'-1,$$

enfin que, dans $\varpi_{i,j,k}$, l'indice i doit rester compris entre les limites $-(j+k)$, et $j+k$.

§ II. *Sur l'ordre des termes que renferme le développement de la fonction perturbatrice.*

» Dans notre système planétaire, les excentricités des orbites, et leurs inclinaisons sont généralement fort petites. En considérant, pour deux planètes données m, m', les excentricités ε, ε', et les inclinaisons ι, ι', comme des quantités très petites du premier ordre, on peut demander quel sera l'ordre de chacun des termes fournis par notre analyse dans le développement de l'expression

$$(m, m')_{n, n'},$$

par exemple d'un terme correspondant à des valeurs données de

$$f, g, k, \quad f', g', k',$$

dans le développement de $A_{n,n'}$. Or la valeur de x déterminée par la formule

$$\varepsilon = \frac{2x}{1+x^2}, \quad \text{ou} \quad x = \frac{\varepsilon}{1+\sqrt{1-\varepsilon^2}},$$

est du premier ordre ainsi que ε, et la valeur de ν donnée par la formule

$$\nu = \sin^2 \frac{\iota}{2},$$

est du second ordre, ainsi que le carré de $\frac{\iota}{2}$. Donc, en vertu des formules (9), (10), (11) du § Ier, un terme correspondant à des valeurs données de

$$f, g, k, f', g', k',$$

étant proportionnel au produit des facteurs

$$\varepsilon^k, \quad x^{f+g}, \quad \varepsilon'^{k'} \quad \text{et} \quad x'^{g'} \quad \text{ou} \quad \nu'^{f'},$$

sera de l'ordre N, déterminé par l'une des équations

$$(1)\quad N = f + g + k + g' + k', \quad \text{ou} \quad N = f + g + k + f' + k',$$

si ce terme ne renferme pas le facteur ν, et par l'une des équations

$$(2)\quad N = f + g + k + g' + k' + 2, \quad \text{ou} \quad N = f + g + k + f' + k' + 2,$$

dans le cas contraire. Donc, si, dans le calcul de la valeur de $A_{n,n'}$, on veut négliger les quantités d'un ordre supérieur à N, on devra seulement tenir compte des termes correspondants à des valeurs de

$$f,\ g,\ k,\ f',\ g',\ k',$$

qui vérifient l'une des formules (1), (2), ou à des valeurs plus petites.

» Passons au développement de $B_{n,n'}$. Le terme qui, dans ce développement, aura pour facteur les quantités

$$\nu^i,\ \epsilon^j,\ \epsilon^k,\ \eta^{f+g},\quad \epsilon'^{j'},\ \epsilon'^{k'},\ \eta'^{f'+g'},$$

sera évidemment de l'ordre N, déterminé par la formule

$$(3)\qquad N = 2i + j + j' + f + g + k + f' + g' + k',$$

laquelle, en vertu de la condition

$$j + j' = l,$$

[voir la seconde des formules (10) du paragraphe Ier], se réduit simplement à

$$(4)\qquad N = 2i + l + f + g + k + f' + g' + k'.$$

Donc, si dans le calcul de la valeur de $B_{n,n'}$ on veut négliger les quantités de l'ordre N, on devra seulement tenir compte des termes correspondants aux valeurs de

$$i,\ l,\ f,\ g,\ k,\ f',\ g',\ k',$$

qui vérifieront la formule (4), ou à des valeurs plus petites. D'ailleurs, chacune des lettres

$$i,\ l,\ f,\ g,\ k,\ f',\ g',\ k',$$

représentant un nombre entier égal ou supérieur à zéro, la formule (4) donnera

$$2i + l = \text{ou} < \text{N},$$

et à plus forte raison

(5) $$i + l = \text{ou} < \text{N}.$$

Ce n'est pas tout : comme

$$\mathfrak{X}_{f-g-h-n,\, j,\, k}$$

s'évanouit, quand $f - g - h - n$ n'est pas compris entre les limites

$$-(j+k), \quad +(j+k),$$

il résulte de la formule (16) du § I^er, que dans chaque terme du développement de $B_{n,n'}$, la valeur numérique de

$$f - g - h - n$$

sera inférieure à $j + k$. La valeur numérique de

$$f' - g' - h - n',$$

devant être pareillement inférieure à $j' + k'$, on peut affirmer que la différence

$$(f-g-h-n)-(f'-g'-h'-n') = h'-h+n'-n+(f-g)-(f'-g')$$

offrira une valeur numérique inférieure à la quantité

$$j + k + j' + k' = l + k + k'.$$

Donc

$$h' - h + n' - n$$

offrira une valeur numérique inférieure à la somme de celles des deux quantités

$$l + k + k', \quad (f' - g') - (f - g),$$

et, à plus forte raison, à la somme

$$l + k + k' + f' + g' + f + g = \text{N} - 2i.$$

Donc, la valeur numérique de $h' - h$ sera inférieure à la somme faite du nombre N et de la valeur numérique de la différence $n' - n$. Cela posé, comme, dans le développement de $B_{n,n'}$, un terme correspondant à des valeurs données de

$$l, \ i, \ h, \ h'$$

renfermera le facteur

$$D_\lambda^l D_\lambda^i A_{\frac{h'-h}{2}} = D_\lambda^{l+i} A_{\frac{h'-h}{2}},$$

il est clair qu'en désignant par N l'ordre de ce terme, on aura

$$(6) \qquad l + i = \text{ou} < \mathrm{N},$$

et

$$(7) \qquad \text{mod.} \frac{h'-h}{2} = \text{ou} < \frac{\mathrm{N} + \text{mod.}(n'-n)}{2},$$

pourvu que par le signe mod., placé devant une quantité réelle, on désigne le module, c'est-à-dire, en d'autres termes, la valeur numérique de cette même quantité.

» En vertu des formules (6) et (7), lorsque dans le développement de $B_{n,n'}$ on voudra obtenir la partie correspondante à des valeurs données de n, n', en poussant l'approximation jusqu'aux quantités de l'ordre N, on aura seulement à calculer un petit nombre d'expressions de la forme

$$(8) \qquad D_\lambda^l A_j = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} \frac{\cos jp}{(\lambda - \mu\cos p)^{l+\frac{1}{2}}}\, dp,$$

savoir, celles qui correspondent à des valeurs de l qui ne surpassent pas la limite N, et à des valeurs de j qui ne surpassent pas la limite

$$\frac{\mathrm{N} + \text{mod.}(n'-n)}{2}.$$

Si, pour fixer les idées, on adopte les valeurs de n, n' qui correspondent à la grande inégalité de Saturne et de Jupiter, c'est-à-dire si l'on prend,

$$n = \pm 2, \qquad n' = \mp 5,$$

on trouvera

$$\frac{\mathrm{N} + \mathrm{mod.}\,(n' - n)}{2} = \frac{\mathrm{N} + 7}{2}.$$

Donc alors, si l'on prend $\mathrm{N} = 5$ ou $\mathrm{N} = 6$, la valeur de j ne devra pas surpasser le nombre 6.

§ III. *Sur le développement des facteurs simples.*

» Le développement du facteur simple q, déterminé par l'équation

$$(1) \qquad q = \frac{c}{\mathrm{K}} \varepsilon^j a^{l-i} r^{k-i} e^{-nT\sqrt{-1}} \cos^j \psi,$$

dans laquelle on a

$$\mathrm{K} = a^2 c (1 - \varepsilon^2)^{\frac{1}{2}},$$

ou, en d'autres termes, l'évaluation du coefficient

$$(2) \qquad q_k = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} q e^{-k(p-\varpi)\sqrt{-1}} dp$$

peut s'effectuer de plusieurs manières, et à la formule (6) du § précédent on peut substituer celles que nous allons indiquer.

» On a non-seulement

$$T = \psi - \varepsilon \sin \psi,$$

et par suite

$$(3) \qquad e^{-nT\sqrt{-1}} = \sum \frac{(n\varepsilon)^k}{1.2\ldots k} e^{-n\psi\sqrt{-1}} (\sin\psi \sqrt{-1})^k,$$

mais encore, pour des valeurs positives de n,

$$(4) \quad e^{-n\psi\sqrt{-1}} = (\cos\psi - \sqrt{-1}\sin\psi)^n = \sum (-1)^{n-l} (n)_l \cos^l\psi (\sin\psi\sqrt{-1})^{n-l},$$

et, pour des valeurs négatives de n,

$$(5) \quad e^{-n\psi\sqrt{-1}} = (\cos\psi + \sqrt{-1}\sin\psi)^{-n} = \sum (-n)_l \cos^l\psi (\sin\psi\sqrt{-1})^{n-l}.$$

Or, à l'aide de ces formules jointes aux trois équations

$$(6)\quad \left\{\begin{aligned} &\frac{r}{a}=\frac{1-\epsilon^2}{1+\epsilon\cos(p-\varpi)},\\ &\cos\psi=\frac{\cos(p-\varpi)+\epsilon}{1+\epsilon\cos(p-\varpi)},\quad \sin\psi=\frac{(1-\epsilon^2)^{\frac{1}{2}}\sin(p-\varpi)}{1+\epsilon\cos(p-\varpi)},\end{aligned}\right.$$

on ramènera immédiatement la détermination de q_h à l'évaluation d'une intégrale de la forme

$$\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi}\frac{[\cos(p-\varpi)+\epsilon]^{l'}}{[1+\epsilon\cos(p-\varpi)]^{l'}}\cos^f(p-\varpi)\left[\sin(p-\varpi)\sqrt{-1}\right]^g e^{-h(p-\varpi)\sqrt{-1}}\,dp,$$

f, g, l' étant des nombres entiers. En développant, dans cette intégrale, les expressions

$$[\cos(p-\varpi)+\epsilon]^{l'},\quad [1+\epsilon\cos(p-\varpi)]^{-l'},$$

en séries ordonnées suivant les puissances ascendantes de ϵ, puis remplaçant par $p-\varpi$ par p, on réduit la détermination de q_h à l'évaluation des quantités de la forme $\mathfrak{K}_{i,j,k}$.

» La formule que l'on obtient de cette manière, et que nous nous dispensons d'écrire pour abréger, devient fort simple dans le cas où l'on veut obtenir la partie de R qui ne dépend pas du temps t, ou, en d'autres termes, les valeurs de $A_{0,0}$, $B_{0,0}$. Alors, les valeurs de q'_1 et q'_{-1} étant nulles dans le développement de $A_{0,0}$, on en conclut que $A_{0,0}$ s'évanouit. Quant à la valeur de $B_{0,0}$, elle se déduit sans peine des formules du § précédent. Mais on peut y déterminer q_h, soit par la formule (16) de ce paragraphe, réduite alors à la suivante,

$$(7)\quad q_h=a^{l-2i-\frac{1}{2}}\left(\frac{1}{2\pi}\right)^{\frac{1}{2}-i}(\tfrac{1}{2}\epsilon)^j\sum(\tfrac{1}{2}-i\quad h)_f(\tfrac{1}{2}-i+h)_g(j)_{\frac{j+g-f+h}{2}}(-\pi)^{f+g},$$

soit à l'aide de la formule (2), de laquelle on tire, en la joignant aux équations (6),

$$(8)\quad q_h=a^{l-2i-\frac{1}{2}}\frac{\epsilon^j}{(1-\epsilon^2)^{i-1}}\sum(\tfrac{1}{2})^{f+g}(j)_f(i-j-\tfrac{1}{2})_g(f+g)_{\frac{f+g+h}{2}}\epsilon^{f+g}.$$

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur le mouvement de notre système planétaire; par* M. AUGUSTIN CAUCHY.

« Je donnerai dans ce Mémoire les intégrales générales des équations différentielles qui représentent le mouvement de notre système planétaire. Une transformation qu'il importe de signaler m'a permis de présenter ces intégrales sous des formes très simples. Elle consiste à prendre pour éléments du mouvement elliptique, non plus les six éléments que l'on considère habituellement, mais seulement trois d'entre eux, savoir : l'époque du passage d'une planète au périhélie, la longitude du périhélie, et l'angle formé avec un axe fixe par la ligne des nœuds, en remplaçant d'ailleurs l'excentricité par le paramètre, ou plutôt par le moment linéaire de la vitesse, l'inclinaison de l'orbite sur le plan fixe par la projection de ce moment linéaire sur le même plan, et le demi-grand axe par la moitié de la force vive correspondante à l'instant où la planète passe par l'extrémité du petit axe, c'est-à-dire, en d'autres termes, à l'instant où la distance de la planète au Soleil est la distance moyenne.

» La seule inspection des intégrales obtenues comme je viens de le dire fournit immédiatement les beaux théorèmes de Lagrange, de Poisson, de Laplace sur la stabilité de notre système planétaire, et conduit à une multitude de conséquences que je développerai prochainement dans un nouveau Mémoire.

§ I. *Équations différentielles du mouvement des planètes.*

» Considérons d'abord une seule planète, qui se meuve autour d'un centre fixe vers lequel elle est attirée; et soient, au bout du temps t :

x, y, z les coordonnées rectangulaires de la planète, le centre fixe étant pris pour origine;

u, v, w les projections algébriques de la vitesse ω sur les axes des x, y, z;

r le rayon vecteur mené du centre fixe à la planète;

p l'angle polaire formé par le rayon vecteur avec la trace du plan de l'orbite sur le plan des $x\,y$, ou, en d'autres termes, avec la ligne des nœuds.

» Soient de plus

φ l'angle formé par la ligne des nœuds avec l'axe des x;

τ l'un des instants où la vitesse devient perpendiculaire au rayon vecteur;

v, ϖ les valeurs de r et p à cet instant;

K le moment linéaire de la vitesse ω;

U, V, W les projections algébriques de ce moment linéaire sur les axes des x, y, z;

enfin H la constante arbitraire introduite par le principe des forces vives, en sorte qu'on ait généralement

$$\tfrac{1}{2}\,\omega^2 = f(r) + \mathrm{H},$$

$f(r)$ étant une fonction déterminée de r. Les valeurs des six constantes arbitraires

$$\mathrm{H},\ \mathrm{K},\ \mathrm{W},\ \tau,\ \varpi,\ \varphi,$$

tirées des équations du mouvement, s'exprimeront en fonction des six variables

$$x,\ y,\ z,\ u,\ v,\ w;$$

et si, en désignant par

$$\mathrm{P},\ \mathrm{Q},$$

des fonctions quelconques de ces six variables, on pose généralement

$$[\mathrm{P},\mathrm{Q}] = \mathrm{D}_x\mathrm{P}\,\mathrm{D}_u\mathrm{Q} - \mathrm{D}_u\mathrm{P}\,\mathrm{D}_x\mathrm{Q} + \mathrm{D}_y\mathrm{P}\,\mathrm{D}_v\mathrm{Q} - \mathrm{D}_v\mathrm{P}\,\mathrm{D}_y\mathrm{Q} + \mathrm{D}_z\mathrm{P}\,\mathrm{D}_w\mathrm{Q} - \mathrm{D}_w\mathrm{P}\,\mathrm{D}_z\mathrm{Q},$$

on trouvera, comme nous l'avons démontré dans un précédent Mémoire,

$$[\mathrm{H},\tau] = 1,\quad [\varpi,\mathrm{K}] = 1.$$

De plus les formules

$$[\mathrm{V},\mathrm{W}] = \mathrm{U},\quad [\mathrm{W},\mathrm{U}] = \mathrm{V},$$

obtenues dans ce Mémoire, donneront

$$\left[\frac{\mathrm{U}}{\mathrm{V}},\mathrm{W}\right] = \frac{1}{\mathrm{V}}[\mathrm{U},\mathrm{W}] - \frac{\mathrm{U}}{\mathrm{V}^2}[\mathrm{V},\mathrm{W}] = -1 - \frac{\mathrm{U}^2}{\mathrm{V}^2},$$

puis, en ayant égard à l'équation

$$\frac{\mathrm{U}}{\mathrm{V}} = -\tan\varphi,$$

on en conclura

$$[\varphi, W] = 1.$$

Donc, si, après avoir exprimé les six quantités

$$H, K, W, \tau, \varpi, \varphi$$

en fonction de

$$x, y, z, u, v, w,$$

à l'aide des équations du mouvement, on combine ces six quantités deux à deux de toutes les manières possibles, non-seulement les trente fonctions alternées qui correspondront à ces diverses combinaisons seront deux à deux égales au signe près, mais de plus on peut affirmer que six d'entre elles auront pour valeur numérique l'unité, et que l'on aura

$$(1) \qquad [H, \tau] = 1, \qquad [\varpi, K] = 1, \qquad [\varphi, W] = 1,$$

par conséquent

$$(2) \qquad [\tau, H] = -1, \quad [K, \varpi] = -1, \quad [W, \varphi] = -1.$$

Ajoutons qu'en vertu des formules établies dans le Mémoire ci-dessus rappelé, les vingt-quatre autres fonctions alternées, formées avec les six quantités

$$H, K, W, \tau, \varpi, \varphi,$$

se réduiront à zéro.

» Lorsque, le centre fixe étant celui du Soleil, la force attractive est réciproquement proportionnelle au carré de la distance, alors, en représentant cette force par $\frac{\mathfrak{M}}{r^2}$, on trouve

$$\omega d\omega = -\frac{\mathfrak{M}}{r^2} dr,$$

puis on en conclut

$$(3) \qquad \frac{1}{2}\omega^2 = H + \frac{\mathfrak{M}}{r}.$$

Si d'ailleurs on pose

$$\upsilon = D_t r,$$

υ représentera, au signe près, la projection de la vitesse ω sur le rayon

vecteur r; et de l'équation (3), combinée avec la formule

$$\omega^2 = v^2 + \frac{K^2}{r^2},$$

on tirera

$$v^2 = 2H - \frac{K^2}{r^2} + 2\frac{\mathfrak{M}}{r}.$$

Donc la valeur ι de r, correspondante à une valeur nulle de v, sera déterminée par l'équation

$$(4) \qquad \iota^2 + \frac{\mathfrak{M}}{H}\iota - \frac{1}{2}\frac{K^2}{H} = 0.$$

D'autre part il est aisé de s'assurer que, dans le cas dont il s'agit, l'orbite décrite est une ellipse dont le centre du Soleil occupe un foyer. Cela posé, si l'on nomme a le demi grand axe de cette ellipse, et ε son excentricité, les deux racines de l'équation (4) seront les distances périhélie et aphélie

$$a(1-\varepsilon), \quad a(1+\varepsilon),$$

dont la somme est $2a$, et le produit $a^2(1-\varepsilon^2)$. On aura donc

$$\frac{\mathfrak{M}}{H} = -2a, \quad \frac{1}{2}\frac{K^2}{H} = -a^2(1-\varepsilon^2),$$

par conséquent

$$(5) \qquad H = -\frac{1}{2}\frac{\mathfrak{M}}{a}, \quad K^2 = \mathfrak{M}a(1-\varepsilon^2);$$

et en posant, pour abréger,

$$c = \left(\frac{\mathfrak{M}}{a^3}\right)^{\frac{1}{2}},$$

on trouvera définitivement

$$(6) \qquad H = -\frac{1}{2}a^2c^2, \quad K = a^2c(1-\varepsilon^2)^{\frac{1}{2}}.$$

Si, en particulier, on prend pour ι la distance périhélie $a(1-\varepsilon)$, τ sera l'époque du passage de la planète au périhélie, et ϖ la longitude du périhélie. Si d'ailleurs on nomme Ω la valeur de $\frac{1}{2}\omega^2$ correspondante à l'instant où la planète passe par l'extrémité du petit axe de l'ellipse décrite, c'est-à-dire à l'instant où l'on a $r = a$, la formule (3) donnera

$$\Omega = H + \frac{\mathfrak{M}}{a} = H - 2H = -H,$$

et les formules (1), (2) pourront être réduites aux suivantes :

$$(7)\quad \begin{cases} [\tau,\ \Omega] = 1, & [\varpi,\ \mathrm{K}] = 1, & [\varphi,\ \mathrm{W}] = 1, \\ [\Omega,\ \tau] = -1, & [\mathrm{K},\ \varpi] = -1, & [\mathrm{W},\ \varphi] = -1. \end{cases}$$

» Si l'on choisit convenablement l'unité de masse, la constante $\mathfrak{M}$, dans les formules précédentes, pourra être censée représenter la masse du Soleil, dont le centre est supposé fixe; et les équations du mouvement seront de la forme

$$(8)\qquad \mathrm{D}_t^2 x = -\mathfrak{M}\frac{x}{r^3},\quad \mathrm{D}_t^2 y = -\mathfrak{M}\frac{y}{r^3},\quad \mathrm{D}_t^2 z = -\mathfrak{M}\frac{z}{r^3}.$$

Si l'on cesse de supposer fixe le centre du Soleil, mais en continuant d'y placer l'origine, on devra, dans les formules (8), prendre pour $\mathfrak{M}$ la somme faite de la masse M du Soleil et de la masse m de la planète que l'on considère. Enfin, si la planète m est troublée dans son mouvement par d'autres planètes m', m'', ... on devra aux formules (8) substituer celles-ci :

$$(9)\quad \mathrm{D}_t^2 x = -\mathfrak{M}\frac{x}{r^3} - \mathrm{D}_x\mathrm{R},\quad \mathrm{D}_t^2 y = -\mathfrak{M}\frac{y}{r^3} - \mathrm{D}_y\mathrm{R},\quad \mathrm{D}_t^2 z = -\mathfrak{M}\frac{z}{r^3} - \mathrm{D}_z\mathrm{R},$$

R étant la fonction perturbatrice. Alors aussi, pour obtenir les lois du mouvement troublé, il suffira d'opérer de la même manière.

» On exprimera, dans le mouvement elliptique, les coordonnées de chaque planète m en fonction du temps t et des six constantes arbitraires

$$\Omega,\quad \mathrm{K},\quad \mathrm{W},\quad \tau,\quad \varpi,\quad \varphi;$$

puis on substituera les valeurs de ces coordonnées dans les fonctions perturbatrices

$$\mathrm{R},\quad \mathrm{R}', \ldots\ldots$$

relatives aux diverses planètes. Cela posé, pour obtenir les mouvements des planètes, il suffira de considérer dans les équations finies des mouvements elliptiques, les quantités

$$\Omega,\quad \mathrm{K},\quad \mathrm{W},\quad \tau,\quad \varpi,\quad \varphi,\quad \text{etc.}, \ldots$$

comme représentant non plus des constantes arbitraires, mais de véritables fonctions de t. D'ailleurs, en vertu des théorèmes connus sur la variation des constantes abitraires, joints aux formules (7), ces fonctions de t se trouveront déterminées par des équatious de la forme

$$(10)\qquad \left\{\begin{array}{l} D_t\tau = D_\Omega R, \quad D_t\varpi = D_K R, \quad D_t\varphi = D_W R, \\ D_t\Omega = -D_\tau R, \quad D_t K = -D_\varpi R, \quad D_t W = -D_\varphi R; \end{array}\right.$$
etc.

§ II. *Intégration par série d'un système d'équations différentielles.*

» Soit donné entre la variable indépendante t, qui pourra représenter le temps, et diverses variables principales

$$x,\ y,\ z,\ldots$$

un système d'équations différentielles de la forme

$$(1)\qquad D_t x = P, \quad D_t y = Q,\ldots$$

P, Q,.... désignant des fonctions données de toutes les variables

$$x,\ y,\ z,\ldots t.$$

Soit en outre

$$(2)\qquad s = f(x, y, z,\ldots)$$

une fonction donnée quelconque des seules variables principales $x, y, z,\ldots$ Enfin, nommons

$$\mathrm{x},\ \mathrm{y},\ \mathrm{z},\ldots \theta,$$

un second système de valeurs correspondantes des diverses variables

$$x,\ y,\ z,\ldots t,$$

et

$$\mathfrak{P},\ \mathfrak{Q},\ldots$$

ce que deviennent les fonctions

$$P,\ Q,\ldots$$

quand on y remplace respectivement x, y, z,... t par x, y, z,... θ. On aura encore

$$(3) \qquad D_\theta \mathrm{x} = \mathfrak{P}, \quad D_\theta \mathrm{y} = \mathfrak{Q}, \ldots$$

De plus, comme les variables principales x, y, z,... se trouveront complétement déterminées par la double condition de vérifier, quel que soit t, les équations (1), et pour $t=\theta$, les conditions

$$(4) \qquad x = \mathrm{x}, \quad y = \mathrm{y}, \quad z = \mathrm{z}, \ldots$$

il est clair que x, y, z,... et même s, pourront être considérées comme des fonctions déterminées, non-seulement de la variable indépendante t, mais encore de

$$\mathrm{x}, \ \mathrm{y}, \ \mathrm{z}, \ldots \theta.$$

» Concevons maintenant, pour fixer les idées, que la valeur de s, exprimée en fonction de x, y, z,... θ, t, soit

$$(5) \qquad s = F(\mathrm{x}, \mathrm{y}, \mathrm{z}, \ldots \theta, t);$$

et nommons ς la valeur particulière de s correspondante à $t=\theta$, en sorte qu'on ait

$$(6) \qquad \varsigma = F(\mathrm{x}, \mathrm{y}, \mathrm{z}, \ldots \theta, \theta).$$

Puisque les deux systèmes de quantités

$$x, y, z, \ldots t, s,$$
$$\mathrm{x}, \mathrm{y}, \mathrm{z}, \ldots \theta, \varsigma,$$

peuvent varier indépendamment l'un de l'autre, on pourra concevoir que, dans la formule (5), les quantités

$$\mathrm{x}, \ \mathrm{y}, \ \mathrm{z}, \ldots \theta,$$

varient seules, s et t demeurant invariables; et alors on tirera de cette formule, eu égard aux équations (3),

$$(7) \qquad (D_\theta + \mathfrak{P} D_\mathrm{x} + \mathfrak{Q} D_\mathrm{y} + \ldots) F(\mathrm{x}, \mathrm{y}, \mathrm{z}, \ldots \theta, t) = 0.$$

Or l'équation (7) ne renferme plus que les variables t, θ dont les valeurs sont arbitraires, et les quantités

$$x,\ y,\ z,\ldots$$

qui pourront elles-mêmes être considérées comme autant de constantes arbitraires. Donc cette équation doit être identique et subsister, quelles que soient les valeurs attribuées à

$$x,\ y,\ z,\ldots\ \theta,\ t.$$

En d'autres termes la valeur de s, regardée comme fonction des quantités

$$x,\ y,\ z,\ldots\theta,$$

devra, si l'on considère ces quantités comme autant de variables indépendantes, vérifier l'équation aux différences partielles

$$(D_\theta + \mathfrak{P}D_x + \mathfrak{Q}D_y + \ldots)s = 0. \tag{8}$$

Donc, si l'on veut déterminer s, il suffira d'intégrer cette équation, de manière que, pour $t=\theta$, l'on ait

$$s = \varsigma = f(x, y, z\ldots). \tag{9}$$

» Posons maintenant, pour abréger,

$$\mathfrak{P}D_x + \mathfrak{Q}D_y + \ldots = \Box.$$

L'équation (8), que nous nommerons l'équation caractéristique, deviendra

$$(D_\theta + \Box)s = 0. \tag{10}$$

Or, pour intégrer cette dernière, de manière que la condition (9) se trouve remplie, il suffira de prendre

$$s = \varsigma + \varsigma_{,} + \varsigma_{,,} + \ldots, \tag{11}$$

$\varsigma_{,}$, $\varsigma_{,,}$,... étant des fonctions de x, y, z,... θ, t, qui soient propres à vérifier les formules

$$D_\theta \varsigma_{,} = -\Box\varsigma, \quad D_\theta \varsigma_{,,} = -\Box\varsigma_{,}, \text{ etc.}, \tag{12}$$

et qui de plus s'évanouissent pour $t=\theta$. Or les valeurs de $\varsigma_{,}, \varsigma_{,,}, \ldots$ ainsi déterminées, seront évidemment

$$(13)\qquad \varsigma_{,}=-\int_{t}^{\theta}\square\varsigma\, d\theta,\quad \varsigma_{,,}=-\int_{t}^{\theta}\square\varsigma_{,}\, d\theta,\ \text{etc.};$$

et, si l'on nomme

$$\square_{,},\quad \square_{,,},\ldots$$

ce que devient $\square$ quand on y remplace successivement θ par diverses variables

$$\theta_{,},\ \theta_{,,},\ldots,$$

les formules (13) donneront

$$(14)\qquad \varsigma_{,}=\int_{\theta}^{t}\square_{,}\varsigma\, d\theta_{,},\quad \varsigma_{,,}=\int_{\theta}^{t}\int_{\theta_{,}}^{t}\square_{,}\square_{,,}\varsigma\, d\theta_{,,}d\theta_{,}\ \text{etc.}$$

Donc l'intégrale générale de l'équation (10) sera

$$(15)\qquad s=\varsigma+\int_{\theta}^{t}\square_{,}\varsigma\, d\theta_{,}+\int_{\theta}^{t}\int_{\theta_{,}}^{t}\square_{,}\square_{,,}\varsigma\, d\theta_{,,}d\theta_{,}+\text{etc.}$$

La formule (15) est spécialement utile, lorsque les fonctions de x, y, z...θ représentées par $\mathfrak{P}$, $\mathfrak{Q}$, ... se réduisent à des quantités très petites.

» Dans le cas particulier où P, Q,... ne renferment pas la variable t, les fonctions $\mathfrak{P}$, $\mathfrak{Q}$, ... ne renferment pas θ, et l'on a, par suite,

$$\square=\square_{,}=\square_{,,}=\ldots$$

Donc alors la formule (15) se réduit à

$$(16)\qquad s=\left(1+\frac{t-\theta}{1}\square+\frac{(t-\theta)^2}{1\,.\,2}\square^2+\ldots\right)\varsigma=e^{(t-\theta)\square}\varsigma.$$

Les équations (15) et (16) s'accordent avec les formules que j'ai données en 1836, dans un Mémoire sur l'intégration d'un système d'équations différentielles.

» Si l'on supposait les équations (1) réduites à celle-ci

$$D_t x=ax,$$

a désignant un coefficient constant, alors on trouverait

$$\square = a\mathrm{D}_x,$$

puis, en posant $s = x$, et par suite $\varsigma = \mathrm{x}$, on verrait l'équation (16) se réduire à la formule connue

$$s = e^{a(t-\theta)}\mathrm{x}.$$

»Pour ne pas trop allonger cet article, je renverrai à un prochain numéro les paragraphes suivants, dans lesquels les formules (14) et (15) se trouveront appliquées à l'intégration des équations différentielles obtenues dans le premier, par conséquent à la détermination du mouvement de notre système planétaire. »

M. Auguste de Saint-Hilaire présente à l'Académie, de la part de MM. Mougeot et W.-P. Schimper, de Strasbourg, la première partie d'un ouvrage intitulé : *Monographie des plantes fossiles du grès bigarré de la chaîne des Vosges*. « Je n'entretiendrai pas l'Académie de cet ouvrage, qui n'est que commencé, dit M. Auguste de Saint-Hilaire; mais je profiterai de l'occasion qui se présente pour lui parler d'un livre important que M. W.-P. Schimper publie en commun avec M. Bruch, et dont plusieurs livraisons ont été successivement déposées sur le bureau. Le *Bryologia europæa* est incontestablement un des écrits les plus remarquables qui aient paru jusqu'à présent sur la cryptogamie. M. W.-P. Schimper y fait une application continuelle de la méthode naturelle; il y déploie des vues nouvelles et ingénieuses; il y montre une science profonde, et fait preuve d'un grand talent dans l'art de décrire. Mais ce n'est point là le seul mérite du livre de M. Schimper. On y trouve un grand nombre de figures que l'auteur a dessinées lui-même, qui sont aussi remarquables par leur exactitude que par leur élégance. Le *Bryologia europæa* mérite d'être étudié par tous ceux qui cultivent la botanique et en particulier la muscologie. »

NOMINATIONS.

L'Académie procède, par voie de scrutin, à la nomination d'une Commission appelée à juger les pièces adressées pour le grand prix des sciences mathématiques, qui doit être décerné en 1841.

MM. Cauchy, Liouville, Arago, Poinsot, Savary obtiennent la majorité des suffrages.

M. Audouin est adjoint à la Commission nommée pour examiner le Mémoire qui a été présenté dans la dernière séance par M. Doyère.

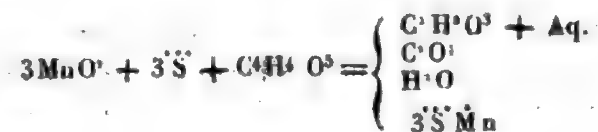
MÉMOIRES LUS.

CHIMIE. — *Note sur l'altération des acides tartrique, racémique, citrique, mucique et gallique par les suroxides plombique et manganique; par* M. J. Persoz. (Extrait par l'auteur.)

(Commissaires, MM. Thenard, Chevreul, Regnault.)

« Après avoir fait connaître le point de vue d'où il est parti pour entreprendre les expériences qui font l'objet de cette Note, l'auteur examine d'abord l'action des suroxides plombique et manganique sur l'acide tartrique et s'exprime ainsi :

» C'est M. Dobœreiner qui le premier a fait connaître la curieuse transformation de l'acide tartrique en acide formique, sous la double influence de l'acide sulfurique et du suroxide manganique, réaction qu'on a voulu expliquer en admettant que l'acide sulfurique opère la décomposition du suroxide en oxide manganeux, avec lequel il formerait un sel, de telle sorte que 1 éq. d'oxigène mis en liberté se porterait sur les éléments de l'acide tartrique, pour transformer celui-ci en acides carbonique et formique d'après l'équation



$$3MnO^2 + 3\dddot{S} + C^4H^4O^5 = \left\{\begin{array}{l} C^2H^2O^3 + Aq. \\ C^2O^2 \\ H^2O \\ 3\dddot{S}\dot{M}n \end{array}\right.$$

» Des considérations purement physiques, et que je développerai plus tard dans un mémoire, m'ont fait rejeter cette manière de voir, et porté à conclure que l'acide tartrique est altérable par lui-même au moyen d'un suroxide, sans le concours de l'acide sulfurique. Dans le but de prouver cette proposition, je mis 1 partie d'acide tartrique en contact avec 5 parties de suroxide plombique et 10 parties d'eau. A la température ordinaire, la réaction eut lieu, et fut manifestée par un dégagement abondant d'acide carbonique; le gaz recueilli éteignait les bougies, troublait l'eau

de chaux, et était entièrement absorbé par les alcalis. La liqueur mise en ébullition pendant quelques minutes fut filtrée pour séparer la partie insoluble, puis évaporée et concentrée de manière que, abandonnée à elle-même, elle déposa par le refroidissement des cristaux, tantôt transparents et prismatiques, tantôt opaques et romboédriques, mais qui, dans l'un et l'autre cas, ne renfermaient que de l'acide formique et de l'oxide plombique.

» Quant à la partie insoluble, sa nature varia suivant le plus ou le moins de temps que dura l'expérience, et suivant aussi que l'on fit usage d'une plus ou moins grande quantité de suroxide.

» Dans les diverses expériences que nous fîmes pour connaître l'action de l'acide tartrique sur les suroxides, la partie insoluble se trouva formée, tantôt de suroxide plombique et d'une certaine quantité de tartrate plombique; tantôt de suroxide plombique et d'une égale quantité de carbonate et de tartrate plombique; tantôt de suroxide et d'une certaine quantité de carbonate plombique; tantôt enfin de carbonate et de tartrate, quand le suroxide avait été employé en quantité insuffisante. Voici comment nous nous sommes assuré de la nature de ce résidu: après l'avoir parfaitement lavé pour le débarrasser du formiate plombique dont il était imprégné, nous l'avons traité à chaud, et à plusieurs reprises, par l'acide nitrique étendu d'eau. Quand le résidu était insoluble dans l'acide nitrique, ce n'était autre chose que du suroxide plombique parfaitement pur. En effet, 1 gr. de ce résidu, calciné et transformé ensuite en sulfate, fournissait 1gr,26 de sulfate plombique. La liqueur, neutralisée avec précaution au moyen de l'ammoniaque, produisait un précipité, qui, étant bien lavé et traité par le sulfide hydrique, contenait une quantité d'acide tartrique correspondante au tartrate plombique qui s'était formé. Cet acide, ainsi retiré, jouissait de toutes les propriétés assignées à l'acide tartrique et n'avait subi aucune modification.

» Dans le cas où le tartrate plombique faisait seul partie du précipité, la liqueur neutralisée ne renfermait que du nitrate ammonique; mais elle contenait du nitrate ammonique et du nitrate plombique, lorsque pendant l'action de l'acide tartrique sur le suroxide plombique, la formation du carbonate plombique avait eu lieu. Cette dernière expérience, qui prouve clairement que l'acide tartrique peut, à l'aide du suroxide plombique, se transformer en acide formique sans le concours de l'acide sulfurique, est cependant insuffisante pour justifier la proposition que nous desirons établir, savoir: que l'altération de l'acide tartrique par les sur-

oxides a lieu en vertu d'une action qui rentre dans les phénomènes si intéressants de l'eau oxigénée, et qu'elle est indépendante du déplacement supposé de 1 équivalent d'oxigène, car on pourrait nous objecter qu'une portion de l'acide tartrique joue le même rôle ici que l'acide sulfurique, c'est-à-dire que cette portion opère la décomposition du suroxide en s'emparant de l'oxide plombique, et que l'équivalent d'oxigène du suroxide déplacé par l'acide tartrique remplit, par rapport à l'autre portion d'acide tartrique, le même rôle que l'équivalent d'oxigène déplacé par l'acide sulfurique. Cette objection paraît d'autant mieux fondée, que le tartrate plombique figure quelquefois au nombre des produits de la réaction. Cependant, en considérant plus attentivement les phénomènes de cette réaction, on trouve dans le fait même de la formation du tartrate plombique un argument en faveur de l'opinion que nous cherchons à faire prévaloir. En effet, si l'altération de l'acide tartrique par le suroxide plombique était subordonnée au déplacement préalable de 1 équivalent d'oxigène, et par conséquent à la formation de 1 équivalent de tartrate plombique, ce dernier sel aurait dû nécessairement figurer toujours et en quantité constante au nombre des produits résultant de l'action qu'exercent l'un sur l'autre ces deux composés; or c'est ce qui n'a pas eu lieu, puisque, ainsi que nous l'avons dit plus haut, il y a des cas où l'on ne trouve pas trace de tartrate. Si par ce dernier raisonnement nous avons combattu l'objection qu'on aurait pu nous faire, le fait de la formation du tartrate plombique n'en existe pas moins et doit pouvoir s'expliquer aussi. Il suffit, en effet, de rappeler que 1 équivalent d'acide tartrique exige 3 équivalents de suroxide plombique pour passer à l'état d'acide formique, et que dans ce cas il y a 3 équivalents d'oxide plombique mis en liberté, et dont 1 équivalent seulement entre en combinaison avec l'acide formique, tandis que les deux autres équivalents d'oxide plombique restent libres ou en combinaison avec l'acide carbonique. Maintenant l'acide tartrique en contact avec le formiate et le carbonate plombique décompose ces sels et forme du tartrate plombique insoluble en mettant en liberté les acides formique et carbonique. Ainsi donc, à moins d'admettre, ce qui ne peut être, que l'action du suroxide plombique sur l'acide tartrique a lieu sur tous les points à la fois, on doit se représenter la réaction de l'acide tartrique et du suroxide comme provoquant d'abord la formation d'une certaine quantité de formiate basique, qui, se trouvant en contact avec l'acide tartrique, est bientôt après décomposé pour se transformer partiellement en formiate neutre soluble et en tar-

trate plombique insoluble. Ajoutons que si ce dernier sel ne se trouve pas toujours au nombre des produits de la réaction, il faut nécessairement, si notre manière de voir est juste, que le tartrate plombique subisse lui-même une décomposition directe de la part du suroxide, et c'est ce que l'expérience ci-après nous permet d'établir. Nous fîmes bouillir parties égales de tartrate et de suroxide plombique : une réaction s'effectua, qui fut rendue évidente par le changement survenu dans l'état de saturation de la liqueur, laquelle devint bientôt alcaline et ne tarda pas à se troubler au contact de l'air en laissant un dépôt de carbonate. Filtrée et évaporée, elle déposa des cristaux parfaitement blancs, qui ne renfermaient que de l'oxide plombique et de l'acide formique, dans un rapport de 2 équivalents de base pour 1 équivalent d'acide. Cette dernière expérience explique donc clairement comment il se fait que, par une action plus ou moins prolongée, ou par des quantités suffisantes ou insuffisantes de suroxide plombique, on peut obtenir avec ce dernier composé et l'acide tartrique, tantôt du tartrate et du formiate plombique, tantôt du formiate basique et du carbonate plombique, tantôt enfin un mélange de ces sels, et tout cela dans des proportions variables. Admettons qu'on fasse usage d'un excès de suroxide plombique, de 4 équivalents, par exemple, pour 1 équivalent d'acide tartrique, et qu'on arrête l'action de ces deux corps au moment où la liqueur cesse d'être neutre, c'est-à-dire quand elle commence à avoir une réaction alcaline, on trouvera dans la liqueur du formiate plombique neutre, et dans le résidu insoluble, du tartrate et du suroxide plombique, composés que l'on sépare aisément au moyen de l'acide nitrique. Si, au lieu d'arrêter ainsi cette action, elle se poursuit, il arrive bientôt une époque où le tartrate disparaît pour être remplacé par du carbonate; la liqueur ne tient plus en dissolution que du formiate plombique basique, et le résidu insoluble n'est alors formé que de carbonate et de suroxide plombique.

» Après avoir examiné l'action du suroxide plombique sur l'acide tartrique, nous avons étudié celle du suroxide manganique sur le même acide, et cela en employant concurremment du suroxide artificiel et du suroxide naturel. Dans l'un et l'autre cas l'acide tartrique a été transformé en acides carbonique et formique, comme cela avait eu lieu avec le suroxide plombique. Faisons cependant remarquer que l'acide formique produit à l'aide du suroxide manganique naturel est toujours accompagné d'une matière colorante qui devient perceptible en le combinant avec l'oxide plombique, car le formiate qu'on obtient ainsi a une teinte cou-

leur chamois dont il est difficile de le débarrasser, et que n'affecte pas le formiate pur.

» Enfin, voulant nous assurer si l'analogie entre les suroxides plombique et manganique se soutiendrait plus long-temps, et si ce dernier serait susceptible d'altérer l'acide tartrique dans le tartrate plombique, nous avons fait bouillir 1 partie de tartrate plombique avec 1 partie de suroxide manganique; la liqueur devint bientôt alcaline, et il nous fut facile d'en retirer, par une évaporation ménagée, des formiates plombique et manganeux.

» Des expériences consignées dans cette Note, on peut conclure, d'après l'auteur : 1° que les acides tartrique, racémique, mucique, libres ou combinés avec l'oxide plombique, sont transformés en acides carbonique et formique par les suroxides manganique et plombique sans le concours d'un acide;

» 2°. Que les acides citrique et gallique sont également décomposés par les suroxides, mais sans production d'acide formique. »

« Après la lecture de ce Mémoire, M. Biot prend la parole pour faire remarquer combien il serait à desirer que les phénomènes de décomposition qui en font le sujet, pussent être opérés au moyen de substances solubles, étendues en solutions transparentes. Car l'acide tartrique possédant le pouvoir rotatoire, et le communiquant avec des modifications spéciales à tous les corps avec lesquels il entre en combinaison, le mode et le progrès de sa décomposition pourraient être ainsi observés et suivis dans toutes leurs phases, comme si elles devenaient perceptibles aux yeux. »

ORTHOPÉDIE. — *Essai d'une théorie générale des difformités articulaires du système osseux chez les monstres, le fœtus, et l'enfant; par* M. le Dr Jules Guérin.

L'auteur n'a lu que la première partie de son Mémoire; il doit lire la seconde partie dans une prochaine séance; et c'est alors qu'il sera donné un extrait de son travail.

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

PALÉONTOLOGIE. — *Recherches sur divers ossements fossiles attribués par Cuvier à deux* Phoques, *au* Lamantin *et à deux espèces d'*Hippopotame, *et rapportés au* Metaxytherium, *nouveau genre de cétacé de la famille des* Dugongs; *par* M. J. DE CRISTOL. (Extrait par l'auteur.)

(Commissaires, MM. Alex. Brongniart, Cordier, de Blainville.)

« L'existence du Phoque parmi les animaux fossiles avait été très souvent, et toujours faussement annoncée par divers naturalistes de l'époque de Buffon, et par Buffon lui-même. Après avoir insisté sur cette remarque, Cuvier fait observer que les seuls ossements fossiles de Phoque bien constatés qu'il ait pu obtenir, se réduisent à deux moitiés d'humérus découvertes aux environs d'Angers.

» L'une de ces portions d'humérus est rapportée par Cuvier à un phoque deux fois et demie aussi grand que notre Phoque commun des côtes de France (*Phoca vitulina*, L.); l'autre à un Phoque un peu plus petit que le premier.

» En étudiant la description et les dessins que Cuvier a donnés de ces deux os, j'ai reconnu, d'abord, que ces derniers n'étaient autre chose que les deux moitiés d'un même humérus, et qu'en raccordant les deux dessins on obtenait le dessin d'un humérus entier, très régulier et du côté droit, et, ensuite, que cet humérus ainsi restitué appartenait, non à un Phoque, mais à un cétacé herbivore de la famille des Dugongs.

» Les portions d'humérus d'Angers se trouvant dans les collections du Muséum, on a pu, d'après mes indications, les réunir ensemble, de manière à obtenir un humérus entier, fort différent de celui du Phoque, et semblable à celui du Dugong. Un humérus entier, que j'ai trouvé à Montpellier, m'a mis sur la voie de cette découverte.

» J'ai aussi reconnu qu'un avant-bras fossile, également trouvé à Angers, et qui a été rapporté par Cuvier au Lamantin, n'est autre chose que l'avant-bras gauche d'un animal de la même espèce que celui auquel a appartenu l'humérus d'Angers. Cet avant-bras, qui doit se trouver aussi dans les collections du Muséum, offre tous les caractères de l'avant-bras du Dugong, et diffère essentiellement de celui du Lamantin par plusieurs caractères im-

portants, notamment par la forme de son extrémité articulaire supérieure.

» En mettant en connexion le dessin retourné de l'humérus droit d'Angers avec le dessin de cet avant-bras gauche d'Angers, on voit que leurs surfaces articulaires s'adaptent les unes aux autres de la manière la plus exacte, et donnent le dessin d'un bras très bien proportionné dans ses diverses parties, fort différent de celui du Lamantin et encore plus de celui du Phoque, et semblable au bras du Dugong.

» Dans un Mémoire présenté à l'Académie des Sciences, en 1834, j'avais montré qu'une mâchoire inférieure, que j'avais trouvée à Montpellier, et qui portait des molaires identiques avec les molaires au moyen desquelles Cuvier avait établi l'*Hippopotamus medius*, offrait tous les caractères de la mâchoire du Dugong, et j'en conclus que l'*Hippopotamus medius* devait être rayé de la liste des animaux fossiles, opinion qui fut admise par feu M. Frédéric Cuvier, rapporteur de mon Mémoire, et consignée dans la dernière édition des *Recherches* de G. Cuvier.

» Cette mâchoire provient du même genre que celui auquel se rapportent l'humérus et l'avant-bras d'Angers.

» En 1834, j'avais conclu de la forme de la mâchoire inférieure de Montpellier que le crâne de l'animal auquel elle avait appartenu devait ressembler à celui du Dugong, c'est-à-dire présenter de très grands intermaxillaires recourbés et armés de défenses. Or, plusieurs années après la publication de mon Mémoire, on a trouvé à Montpellier, dans les mêmes couches qui avaient fourni la mâchoire inférieure, le crâne de mon animal offrant tous les caractères que j'avais cru pouvoir lui assigner d'avance. Ce crâne est en la possession de M. Marcel de Serres, qui a bien voulu me le confier pour que je pusse l'étudier et le décrire.

» J'avais cru pouvoir conclure de l'analogie que les molaires attribuées à l'*Hippopotamus medius* offraient avec d'autres molaires, au moyen desquelles Cuvier avait établi l'*Hippopotamus dubius*, que ces dernières devaient être les molaires de la mâchoire supérieure de mon animal; or les molaires qui se trouvent au crâne de Montpellier confirment pleinement cette manière de voir, en sorte qu'aujourd'hui il faut aussi rayer de la liste des animaux fossiles l'*Hippopotamus dubius* de Cuvier.

» Enfin, Cuvier a aussi rapporté au Lamantin une partie supérieure de crâne trouvée à Angers; cette portion de crâne ressemble à la partie correspondante du crâne de Montpellier, et provient évidemment du même genre.

» Ceux des os de cette partie de crâne que Cuvier a considérés comme

étant des os du nez sont, non des os du nez, mais les extrémités postérieures des intermaxillaires qui vont s'implanter dans les frontaux, absolument comme dans le Dugong; d'où il suit que ce crâne d'Angers a dû avoir, comme le Dugong, d'énormes intermaxillaires.

» Mon animal ressemblant au Lamantin par les caractères de ses molaires et au Dugong par tout son squelette, je lui donne le nom de *Metaxytherium*, pour rappeler qu'il est interposé ou placé entre le Dugong et le Lamantin.

» Le *Metaxytherium* aura : 1° le crâne rapporté par Cuvier au Lamantin; 2° les molaires supérieures rapportées par Cuvier à l'*Hippopotamus dubius*; 3° les molaires inférieures rapportées par Cuvier à l'*Hippopotamus medius*; 4° l'humérus rapporté par Cuvier à deux Phoques; 6° l'avant-bras rapporté par Cuvier au Lamantin; 6° et peut-être, enfin, une côte et une vertèbre rapportées par Cuvier d'abord au Lamantin, puis au Morse.

» A ces pièces il faudra joindre la mâchoire inférieure, le crâne, les molaires, plusieurs côtes et plusieurs vertèbres qui ont été découvertes à Montpellier; en sorte que le squelette presque entier du *Metaxytherium* se trouve connu et nous dévoile l'existence d'un animal aussi voisin du Dugong qu'un genre puisse l'être d'un autre.

» Le *Metaxytherium* comprendra deux espèces différant principalement par la taille : la plus grande provient du terrain tertiaire inférieur des départements de la Charente et de Maine-et-Loire; l'autre du terrain marin tertiaire supérieur de Montpellier. »

CORRESPONDANCE.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Lettre de* M. JACOBI à M. le Président de l'Académie.

« M. de Humboldt vient de me communiquer un fragment d'une Notice biographique sur M. Poisson, dont la lecture m'a donné envie d'adresser à vous, Monsieur, et à votre illustre Académie, quelques remarques sur la plus profonde découverte de M. Poisson, mais qui, je crois, n'a été bien comprise ni par Lagrange, ni par les nombreux géomètres qui l'ont citée, ni par son auteur lui-même. Le théorème dont je parle me semble être le plus important de la mécanique et de cette partie du calcul intégral qui s'attache à l'intégration d'un système d'équations différentielles ordinaires; toutefois, on ne le trouve ni dans les Traités de calcul intégral, ni dans la

Mécanique analytique. Comme ce théorème ne servait qu'à établir une autre proposition dont Lagrange avait donné une démonstration plus simple, celui-ci n'en parlait dans sa *Mécanique analytique* que comme d'une preuve d'une grande force analytique, sans trouver nécessaire de le faire entrer dans cet ouvrage. Et depuis, tout le monde ne le regardant que comme un théorème auxiliaire remarquable par la difficulté de le prouver et personne ne l'examinant en lui-même, ce théorème vraiment prodigieux, et jusqu'ici sans exemple, est resté en même temps découvert et caché.

» Le théorème en question, énoncé convenablement, est le suivant :

« Un nombre quelconque de points matériels étant tirés par des forces » et soumis à des conditions telles, que le principe de la conservation des » forces vives ait lieu, si l'on connaît, outre l'intégrale (*) fournie par ce » principe, deux autres intégrales, on en peut déduire une troisième d'une » manière directe et sans même employer des quadratures. »

» En poursuivant le même procédé on pourra trouver une quatrième, une cinquième intégrale, et, en général, on parviendra de cette manière à déduire des deux intégrales données toutes les intégrales, ou, ce qui revient au même, l'intégration complète du problème. Dans des cas particuliers, on retombera sur une combinaison des intégrales déjà trouvées, avant qu'on soit parvenu à toutes les intégrales du problème, mais alors les deux intégrales données jouissent de propriétés particulières desquelles on peut tirer un autre profit pour l'intégration des équations dynamiques proposées. C'est ce qu'on verra dans un ouvrage auquel je travaille depuis plusieurs années, et dont peut-être je pourrai bientôt faire commencer l'impression. »

« M. **Jaume Saint-Hilaire** annonce qu'ayant coupé des tiges de *polygonum tinctorium*, pour en extraire l'indigo et éviter la cueillette des feuilles, qui coûte plus de 300 fr. par hectare, il a remarqué qu'elles repoussaient promptement de nouvelles branches. Il a répété deux fois cette expérience, et il en conclut qu'il est possible de faire tous les ans deux récoltes de *polygonum*. Mais pour que les feuilles de la seconde récolte soient aussi riches en indigo que celles de la première, il faudra planter le *polygonum* vers le

---

(*) Je nomme intégrale une équation $u =$ const. telle que sa différentielle $du = 0$ soit vérifiée identiquement par le système des équations différentielles proposées, sans avoir recours en aucune façon aux équations intégrales.

milieu du mois de mai, et faire la première coupe environ deux mois après.

» Il ajoute qu'en mettant dans la cuve les tiges avec leurs feuilles, l'indigo qu'on en retire est aussi beau et aussi abondant que lorsqu'on a enlevé les feuilles une à une. »

M. **Passot** adresse une quatrième addition à l'exposition du principe de sa roue. Cette addition est renvoyée, à titre de renseignement, à la Commission chargée d'examiner les précédentes communications de M. Passot.

M. **Limouzin-Lamothe**, professeur d'agriculture à Albi, demande à être inscrit sur la liste des candidats pour la place de correspondant, vacante dans la section d'Économie rurale. M. Limouzin-Lamothe adresse en même temps une *Notice* sur ses travaux.

Sa lettre est renvoyée à la section d'Économie rurale.

M. **Coulier** adresse un paquet cacheté renfermant la description de ses *Essais de Galvanographie*.

L'Académie en accepte le dépôt.

La séance est levée à 4 heures $\frac{1}{4}$. F.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

L'Académie a reçu dans cette séance les ouvrages dont voici les titres:

Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie royale des Sciences; 2e semestre 1840, n° 11, in-4°.

Notation hypsométrique, ou nouvelle manière de noter les Altitudes; par M. Jomard; broch. in-8°.

La Turquie d'Europe; par M. Ami Boué; tome 1er, in-8°.

Rapport analytique sur les Travaux de la Commission supérieure de Statistique du royaume de Sardaigne; par M. Sabin Berthelot. (Extrait du *Bulletin de la Société de Géographie.*) In-8°.

Monographie des Plantes fossiles du grès bigarré de la chaîne des Vosges; par MM. Schimper et Mougeot; in-4°.

Notice sur les Cendres calcaires et leur emploi en Agriculture; par M. Limouzin-Lamothe; Albi, 1840, broch. in-8°.

Mémoire sur la formation d'un Cabinet d'amateur et d'une Collection géologique des Cévennes, lu à la séance publique de l'Académie royale du Gard; devant le Conseil général du département; par le même, in-8°.

Quatrième addition à l'exposition du principe et des propriétés de la Turbine-Passot; 2 feuilles in-4°.

Bulletin de l'Académie royale de Médecine; n° 23, 15 sept. 1840, in-8°.

Journal de Pharmacie et des Sciences accessoires; sept. 1840, in-8°.

Journal des Connaissances médicales pratiques; sept. 1840, in-8°.

Revue des Spécialités et des Innovations chirurgicales; sept. 1840, in-8°.

Transactions of... *Transactions de la Société Géologique de Londres;* 2e série, vol. 5, part. 3e, in-4°.

Memoir... *Mémoire de la Carte géologique d'Angleterre; par* M. Greenough; in-8°, avec une carte, atlas.

Nuovi... *Nouveaux Documents originaux d'après lesquels il est constant que la commune de Cogoleto est la patrie de Ch. Colomb; par* M. F. Isnardi; Gènes, 1840, broch. in-8°.

Gazette médicale de Paris; tome 8, n° 38.

Gazette des Hôpitaux; n° 109—111.

Gazette médicale de Marseille; n° 9.

L'Expérience; n° 168; in-8°.

COMPTE RENDU

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 28 SEPTEMBRE 1840.

PRÉSIDENCE DE M. PONCELET.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur le mouvement de notre système planétaire; par* M. AUGUSTIN CAUCHY.

§ III. *Intégration des équations qui représentent les mouvements des planètes.*

« Comme nous l'avons déjà dit, pour obtenir les équations du mouvement des diverses planètes $m, m', m'', \ldots$, il suffit d'admettre que, dans les équations finies de leur mouvement elliptique, les constantes arbitraires deviennent fonctions du temps. Les calculs deviennent plus simples, lorsque ces constantes arbitraires sont, pour chaque planète, l'époque du passage au périhélie, la longitude du périhélie, l'angle formé par la ligne des nœuds avec l'axe des x, la moitié de la force vive correspondante à l'extrémité du petit axe, le moment linéaire de la vitesse, et la projection de ce moment linéaire sur le plan fixe des x, y. Si ces constantes arbitraires, que nous appellerons *éléments elliptiques*, sont représentées, pour la planète m, par

$$\tau, \varpi, \phi, \Omega, K, W,$$

pour la planète m', par

$$\tau',\ \varpi',\ \varphi',\ \Omega',\ \mathrm{K}',\ \mathrm{W}',$$

et si d'ailleurs on nomme

$$\mathrm{R},\ \mathrm{R}',\ldots$$

les fonctions perturbatrices relatives aux planètes m, m',... alors, en considérant R, R',... comme fonctions du temps et de tous les éléments elliptiques, on obtiendra pour chaque planète six équations différentielles de la forme

$$(1)\quad \begin{cases} \mathrm{D}_t\tau = \mathrm{D}_\Omega \mathrm{R}, & \mathrm{D}_t\varpi = \mathrm{D}_\mathrm{K}\mathrm{R}, \quad \mathrm{D}_t\varphi = \mathrm{D}_\mathrm{W}\mathrm{R}, \\ \mathrm{D}_t\Omega = -\mathrm{D}_\tau \mathrm{R}, & \mathrm{D}_t\mathrm{K} = -\mathrm{D}_\varpi\mathrm{R}, \quad \mathrm{D}_t\mathrm{W} = -\mathrm{D}_\varphi\mathrm{R}. \end{cases}$$

Cela posé, concevons que,

$$\mathrm{P},\ \mathrm{Q},$$

étant deux fonctions quelconques des éléments elliptiques

$$\tau,\ \varpi,\ \varphi,\ \Omega,\ \mathrm{K},\ \mathrm{W};\quad \tau',\ \varpi',\ \varphi',\ \Omega',\ \mathrm{K}',\ \mathrm{W}';\ldots$$

on pose, pour abréger,

$$[\mathrm{P},\ \mathrm{Q}]$$
$$= \mathrm{D}_\Omega\mathrm{P}\,\mathrm{D}_\tau\mathrm{Q} - \mathrm{D}_\tau\mathrm{P}\,\mathrm{D}_\Omega\mathrm{Q} + \mathrm{D}_\mathrm{K}\mathrm{P}\,\mathrm{D}_\varpi\mathrm{Q} - \mathrm{D}_\varpi\mathrm{P}\,\mathrm{D}_\mathrm{K}\mathrm{Q} + \mathrm{D}_\mathrm{W}\mathrm{P}\,\mathrm{D}_\varphi\mathrm{Q} - \mathrm{D}_\varphi\mathrm{P}\,\mathrm{D}_\mathrm{W}\mathrm{Q},$$
$$[\mathrm{P},\ \mathrm{Q}]'$$
$$= \mathrm{D}_{\Omega'}\mathrm{P}\,\mathrm{D}_{\tau'}\mathrm{Q} - \mathrm{D}_{\tau'}\mathrm{P}\,\mathrm{D}_{\Omega'}\mathrm{Q} + \mathrm{D}_{\mathrm{K}'}\mathrm{P}\,\mathrm{D}_{\varpi'}\mathrm{Q} - \mathrm{D}_{\varpi'}\mathrm{P}\,\mathrm{D}_{\mathrm{K}'}\mathrm{Q} + \mathrm{D}_{\mathrm{W}'}\mathrm{P}\,\mathrm{D}_{\varphi'}\mathrm{Q} - \mathrm{D}_{\varphi'}\mathrm{P}\,\mathrm{D}_{\mathrm{W}'}\mathrm{Q},$$
$$\text{etc.}\ldots$$

Soient

$$\mathfrak{R},\ \mathfrak{R}',\ldots$$

ce que deviennent les fonctions perturbatrices

$$\mathrm{R},\ \mathrm{R}',\ldots$$

quand on attribue au temps t une valeur particulière désignée par θ; et posons

$$(2)\qquad \square \mathrm{Q} = [\mathfrak{R},\ \mathrm{Q}] + [\mathfrak{R}',\ \mathrm{Q}]' + \text{etc.},$$

les éléments elliptiques

$$\tau,\ \varpi,\ \varphi,\ \Omega,\ \mathrm{K},\ \mathrm{W};\quad \tau',\ \varpi',\ \varphi',\ \Omega',\ \mathrm{K}',\ \mathrm{W}';\ \text{etc}\ldots,$$

étant considérés comme devant acquérir, après les différentiations, les valeurs correspondantes à la valeur θ de la variable t. Enfin nommons ς et s les deux valeurs qu'acquiert une fonction

$$\mathrm{f}(\tau,\ \varpi,\ \varphi,\ \Omega,\ \mathrm{K},\ \mathrm{W},\ \tau',\ \varpi',\ldots)$$

de ces mêmes éléments, au bout du temps θ et au bout du temps t. Si l'on représente par

$$\theta_{,},\ \theta_{,,},\ldots$$

diverses variables, et par

$$\Box_{,},\ \Box_{,,},\ldots$$

ce que devient $\Box$ quand on remplace successivement θ par ces mêmes variables; on aura, en vertu des principes établis dans le précédent paragraphe,

$$(3)\qquad s = \varsigma + \int_{\theta}^{t} \Box_{,}\varsigma\, d\theta_{,} + \int_{\theta}^{t}\int_{\theta_{,}}^{t} \Box_{,}\Box_{,,}\varsigma\, d\theta_{,,}\, d\theta_{,} + \text{etc}\ldots$$

En appliquant cette dernière formule, on ne doit pas oublier que, dans $\Box_{,}$, $\Box_{,,},\ldots$ tout comme dans $\Box$, les valeurs des éléments elliptiques doivent être réduites à celles qu'ils acquièrent au bout du temps θ.

» Pour mieux distinguer dorénavant les valeurs que les éléments elliptiques acquièrent au bout du temps θ d'avec celles qu'ils acquièrent au bout du temps t, nous représenterons ces dernières par

$$\tau_{,},\ \varpi_{,},\ \varphi_{,},\ \Omega_{,},\ \mathrm{K}_{,},\ \mathrm{W}_{,};\quad \tau'_{,},\ \varpi'_{,},\ldots$$

tandis que les premières continueront d'être représentées par les notations

$$\tau,\ \varpi,\ \varphi,\ \Omega,\ \mathrm{K},\ \mathrm{W};\ \tau',\ \varpi',\ldots$$

Cela posé, on aura généralement, dans la formule (3),

$$\varsigma = \mathrm{f}(\tau,\ \varpi,\ \varphi,\ \Omega,\ \mathrm{K},\ \mathrm{W},\ \tau',\ \varpi',\ldots)$$

et

$$s = \mathrm{f}(\tau_{,},\ \varpi_{,},\ \varphi_{,},\ \Omega_{,},\ \mathrm{K}_{,},\ \mathrm{W}_{,},\ \tau'_{,},\ \varpi'_{,},\ldots).$$

Si, pour fixer les idées, on suppose

$$\varsigma = \Omega,$$

on aura

$$s = \Omega_{,},$$

et la formule (3) donnera

$$(4) \qquad \Omega_{,} = \Omega + \int_{\theta}^{t} \square_{,} \Omega d\theta_{,} + \int_{\theta}^{t} \int_{\theta_{,}}^{t} \square_{,} \square_{{,}{,}} \Omega d\theta_{,,} d\theta_{,} + \text{etc.}$$

En remplaçant successivement dans cette dernière formule la lettre Ω par les cinq lettres

$$\mathrm{K},\ \mathrm{W},\ \tau,\ \varpi,\ \varphi,$$

on obtiendra en tout six équations, qui suffiront pour déterminer, au bout d'un temps quelconque t, les éléments elliptiques

$$\tau_{t},\ \varpi_{t},\ \varphi_{t},\ \Omega_{t},\ \mathrm{K}_{t},\ \mathrm{W}_{t},$$

relatifs à l'orbite que décrit la planète m.

» Observons maintenant que les masses $m, m', \ldots$ des planètes sont très petites relativement à la masse M du Soleil. Si l'on considère ces masses comme des quantités très petites du premier ordre, les fonctions perturbatrices $\mathrm{R}, \mathrm{R}', \ldots$ déterminées par des équations de la forme

$$(5) \qquad \mathrm{R} = \frac{m'r}{r'^2} \cos \delta + \ldots - \frac{m'}{\imath} - \ldots,$$

seront des quantités du premier ordre. Donc, par suite, les quantités

$$\square_{,} \varsigma, \quad \square_{,,} \square_{,} \varsigma, \ldots$$

seront respectivement du premier ordre, du second ordre, etc., et l'on pourra en dire autant des intégrales

$$\int_{\theta}^{t} \square_{,} \varsigma d\theta_{,}, \quad \int_{\theta}^{t} \int_{\theta_{,}}^{t} \square_{,} \square_{,,} \varsigma d\theta_{,,} d\theta_{,}, \ldots$$

comprises dans le second membre de la formule (3). Donc si l'on pose,

pour abréger,

$$(6)\qquad \varsigma_{,}=\int_{\theta}^{t}\square_{,}\varsigma\, d\theta_{,},\quad \varsigma_{,,}=\int_{\theta}^{t}\int_{\theta_{,}}^{t}\square_{,}\square_{,,}\varsigma\, d\theta_{,,}\, d\theta_{,},\ldots$$

la valeur de s réduite à

$$(7)\qquad s=\varsigma+\varsigma_{,}+\varsigma_{,,}+\ldots,$$

surpassera ς d'une quantité très petite représentée par la somme

$$\varsigma_{,}+\varsigma_{,,}+\ldots,$$

dont le premier terme sera du premier ordre, le second terme du second ordre, etc.

» Si dans l'équation (7) on remplace successivement s par chacun des éléments elliptiques

$$\Omega_{t},\ K_{t},\ W_{t},\ \tau_{t},\ \varpi_{t},\ \varphi_{t},$$

on obtiendra d'autres équations de la forme

$$(8)\qquad \left\{\begin{array}{ll} \Omega_{t}=\Omega+\Omega_{,}+\Omega_{,,}+\ldots, & \tau_{t}=\tau+\tau_{,}+\tau_{,,}+\ldots,\\ K_{t}=K+K_{,}+K_{,,}+\ldots, & \varpi_{t}=\varpi+\varpi_{,}+\varpi_{,,}+\ldots,\\ W_{t}=W+W_{,}+W_{,,}+\ldots, & \varphi_{t}=\varphi+\varphi_{,}+\varphi_{,,}+\ldots. \end{array}\right.$$

Donc, pour obtenir les valeurs de ces éléments au bout du temps t, il suffira d'ajouter à leurs valeurs données au bout du temps θ, 1° leurs variations du premier ordre

$$\Omega_{,},\ K_{,},\ W_{,},\ \tau_{,},\ \varpi_{,},\ \varphi_{,},$$

déterminées par les équations

$$(9)\qquad \left\{\begin{array}{ll} \Omega_{,}=\int_{\theta}^{t}\square_{,}\Omega\, d\theta_{,}, & \tau_{,}=\int_{\theta}^{t}\square_{,}\tau\, d\theta_{,},\\ K_{,}=\int_{\theta}^{t}\square_{,}K\, d\theta_{,}, & \varpi_{,}=\int_{\theta}^{t}\square_{,}\varpi\, d\theta_{,},\\ W_{,}=\int_{\theta}^{t}\square_{,}W\, d\theta_{,}, & \varphi_{,}=\int_{\theta}^{t}\square_{,}\varphi_{,}\, d\theta_{,}; \end{array}\right.$$

2° leurs variations du second ordre

$$\Omega_{,,},\ K_{,,},\ W_{,,},\ \tau_{,,},\ \varpi_{,,},\ \varphi_{,,},$$

déterminées par les équations

$$(10)\quad\left\{\begin{array}{ll}\Omega_{\prime\prime}=\int_{0}^{t}\int_{\theta_\prime}^{t}\square_\prime\square_{\prime\prime}\Omega\, d\theta_{\prime\prime}d\theta_{\prime}, & \tau_{\prime\prime}=\int_{0}^{t}\int_{\theta_\prime}^{t}\square_\prime\square_{\prime\prime}\tau\, d\theta_{\prime\prime}d\theta_{\prime},\\ K_{\prime\prime}=\int_{0}^{t}\int_{\theta_\prime}^{t}\square_\prime\square_{\prime\prime}K\, d\theta_{\prime\prime}d\theta_{\prime}, & \varpi_{\prime\prime}=\int_{0}^{t}\int_{\theta_\prime}^{t}\square_\prime\square_{\prime\prime}\varpi\, d\theta_{\prime\prime}d\theta_{\prime},\\ W_{\prime\prime}=\int_{0}^{t}\int_{\theta_\prime}^{t}\square_\prime\square_{\prime\prime}W\, d\theta_{\prime\prime}d\theta_{\prime}, & \varphi_{\prime\prime}=\int_{0}^{t}\int_{\theta_\prime}^{t}\square_\prime\square_{\prime\prime}\varphi\, d\theta_{\prime\prime}d\theta_{\prime};\end{array}\right.$$

et ainsi de suite.

» Il ne reste plus qu'à développer les formules (9), (10), etc. Tel est l'objet que nous traiterons dans le paragraphe suivant, et dans de nouveaux Mémoires.

§ IV. *Variations du premier ordre dans les éléments elliptiques.*

» Conservons les mêmes notations que dans le troisième paragraphe, et soient de plus

$$\mathfrak{R}_\prime,\ \mathfrak{R}'_\prime,\ldots\quad \mathfrak{R}_{\prime\prime},\ \mathfrak{R}'_{\prime\prime},\ldots$$

ce que deviennent

$$\mathfrak{R},\ \mathfrak{R}',\ldots$$

quand on y remplace successivement θ par les diverses variables $\theta_\prime$, $\theta_{\prime\prime}$,.... ou, en d'autres termes, ce que deviennent les fonctions perturbatrices

$$R,\ R',\ldots$$

quand on y remplace successivement t par ces mêmes variables. On aura généralement

$$(1)\qquad \square_\prime\varsigma=[\mathfrak{R}_\prime,\varsigma]+[\mathfrak{R}'_\prime,\varsigma]'+\ldots,$$

et, si la fonction ς renferme seulement les éléments elliptiques

$$\Omega,\ K,\ W,\ \tau,\ \varpi,\ \varphi,$$

relatifs à la planète m, la formule (1) donnera

$$\begin{aligned}\square_\prime\varsigma=[\mathfrak{R}_\prime,\varsigma]=\ & D_\Omega\mathfrak{R}_\prime D_\tau\varsigma-D_\tau\mathfrak{R}_\prime D_\Omega\varsigma\\ &+D_K\mathfrak{R}_\prime D_\varpi\varsigma-D_\varpi\mathfrak{R}_\prime D_K\varsigma\\ &+D_W\mathfrak{R}_\prime D_\varphi\varsigma-D_\varphi\mathfrak{R}_\prime D_W\varsigma.\end{aligned}$$

Si, en particulier, on réduit successivement ς aux éléments elliptiques dont il s'agit, on trouvera

$$(2)\quad \left\{\begin{aligned} \square_{\prime}\Omega &= -\,\mathrm{D}_{\tau}\mathfrak{R}_{\prime}, & \square_{\prime}\tau &= \mathrm{D}_{\Omega}\mathfrak{R}_{\prime},\\ \square_{\prime}\mathrm{K} &= -\,\mathrm{D}_{\varpi}\mathfrak{R}_{\prime}, & \square_{\prime}\varpi &= \mathrm{D}_{\mathrm{K}}\mathfrak{R}_{\prime},\\ \square_{\prime}\mathrm{W} &= -\,\mathrm{D}_{\varphi}\mathfrak{R}_{\prime}, & \square_{\prime}\varphi &= \mathrm{D}_{\mathrm{W}}\mathfrak{R}_{\prime}. \end{aligned}\right.$$

Cela posé, on tirera immédiatement des formules (2), jointes aux équations (9) du troisième paragraphe,

$$(3)\quad \left\{\begin{aligned} \Omega_{\prime} &= -\,\mathrm{D}_{\tau}\int_{0}^{t}\mathfrak{R}_{\prime}d\theta_{\prime}, & \tau_{\prime} &= \mathrm{D}_{\Omega}\int_{0}^{t}\mathfrak{R}_{\prime}d\theta_{\prime},\\ \mathrm{K}_{\prime} &= -\,\mathrm{D}_{\varpi}\int_{0}^{t}\mathfrak{R}_{\prime}d\theta_{\prime}, & \varpi_{\prime} &= \mathrm{D}_{\mathrm{K}}\int_{0}^{t}\mathfrak{R}_{\prime}d\theta_{\prime},\\ \mathrm{W}_{\prime} &= -\,\mathrm{D}_{\varphi}\int_{0}^{t}\mathfrak{R}_{\prime}d\theta_{\prime}, & \varphi_{\prime} &= \mathrm{D}_{\mathrm{W}}\int_{0}^{t}\mathfrak{R}_{\prime}d\theta_{\prime}. \end{aligned}\right.$$

» En vertu de ces dernières formules, pour calculer les variations du premier ordre des six éléments elliptiques

$$\Omega_{\prime},\ \mathrm{K}_{\prime},\ \mathrm{W}_{\prime},\ \tau_{\prime},\ \varpi_{\prime},\ \varphi_{\prime},$$

il suffit de calculer la valeur de l'intégrale

$$(4)\qquad \int_{0}^{t}\mathfrak{R}_{\prime}d\theta_{\prime}.$$

Or soient

$$T,\ T',\ldots$$

les anomalies moyennes relatives aux planètes

$$m,\ m',\ldots$$

de sorte qu'on ait, pour la planète m,

$$(5)\qquad T = c(t-\tau),\quad c = \left(\frac{\mathfrak{M}}{a^3}\right)^{\frac{1}{2}},$$

$\mathfrak{M} = \mathrm{M} + m$, étant la somme qu'on obtient quand à la masse m on ajoute la masse M du Soleil. La fonction perturbatrice R, relative à la pla-

nète m, pourra être présentée sous la forme

$$(6) \qquad R = \sum (m, m')_{n, n'} e^{(nT + n'T')\sqrt{-1}},$$

le signe $\sum$ s'étendant d'une part à toutes les planètes m', m'',... distinctes de m, d'autre part à toutes les valeurs entières positives, nulles ou négatives de n, n', et $(m, m')_{n, n'}$ désignant un coefficient relatif au système des deux planètes m, m'. Cela posé, si l'on nomme

$$\Theta,\ \Theta',\ldots;\quad \Theta_{,},\ \Theta'_{,},\ldots;\quad \Theta_{,,},\ \Theta'_{,,},\ldots$$

ce que deviennent les anomalies moyennes

$$T,\ T',\ldots$$

quand on y remplace successivement la variable t par θ, $\theta_{,}$, $\theta_{,,}$,...; on aura encore

$$\mathcal{R} = \sum (m, m')_{n, n'} e^{(n\Theta + n'\Theta')\sqrt{-1}},$$

$$\mathcal{R}_{,} = \sum (m, m')_{n, n'} e^{(n\Theta_{,} + n'\Theta'_{,})\sqrt{-1}},$$

etc...,

et par suite

$$\int_0^t \mathcal{R}_{,} d\theta = \sum (m, m')_{n, n'} \int_0^t e^{(n\Theta_{,} + n'\Theta'_{,})\sqrt{-1}} d\theta_{,}.$$

De plus, les valeurs de Θ, Θ',... étant

$$(7) \qquad \Theta = c(t - \tau), \quad \Theta' = c'(\theta - \tau'),\ldots$$

on en conclura

$$\begin{aligned} n\Theta + n'\Theta' + \ldots &= (nc + n'c')\theta - (nc\tau + n'c'\tau'), \\ n\Theta_{,} + n'\Theta'_{,} + \ldots &= (nc + n'c')\theta_{,} - (nc\tau + n'c'\tau'), \\ \text{etc.}; \end{aligned}$$

et par suite on trouvera

$$(7) \qquad \int_0^t \mathcal{R}_{,} d\theta_{,} = \sum (m, m')_{n, n'} \frac{e^{(nT + n'T')\sqrt{-1}} - e^{(n\Theta + n'\Theta')\sqrt{-1}}}{(nc + n'c')\sqrt{-1}}.$$

En substituant la valeur précédente de l'intégrale

$$\int_\theta^t \mathcal{R}_, d\theta_,,$$

dans les équations (3), puis effectuant les différenciations indiquées par les caractéristiques D_τ, D_ϖ,..., on obtiendra immédiatement les valeurs cherchées de

$$\Omega_,, \ K_,, \ W_,, \ \tau_,, \ \varpi_,, \ \varphi_,,$$

c'est-à-dire les variations du premier ordre des éléments elliptiques de la planète m.

» Il est bon d'observer qu'en vertu des formules

$$T = c(t - t), \quad \Theta = c(\theta - \tau), \text{ etc.},$$

on aura généralement

$$\frac{e^{(nT+n'T')\sqrt{-1}} - e^{(n\Theta+n'\Theta')\sqrt{-1}}}{(nc+n'c')\sqrt{-1}} = \frac{e^{(nc+n'c')t\sqrt{-1}} - e^{(nc+n'c')\theta\sqrt{-1}}}{(nc+n'c')\sqrt{-1}} e^{-(nc\tau+n'c'\tau')\sqrt{-1}},$$

et que, pour des valeurs nulles de la somme

$$nc + n'c',$$

le rapport

$$\frac{e^{(nc+n'c')t\sqrt{-1}} - e^{(nc+n'c')\theta\sqrt{-1}}}{(nc+n'c')\sqrt{-1}}$$

se réduit à $t-\theta$. Donc, à des valeurs de n, n', qui vérifieront la condition

$$nc + n'c' = 0, \tag{9}$$

on verra correspondre, dans le second membre de la formule (8), un terme de la forme

$$(m, m')_{n,n'} e^{-(nc\tau+n'c'\tau')\sqrt{-1}} (t-\theta). \tag{10}$$

Ce terme croîtra donc proportionnellement à $t-\theta$, c'est-à-dire propor-

tionnellement au temps compté à partir d'une certaine origine, et l'on pourra en dire autant des dérivées de ce terme prises par rapport aux quantités

$$\tau,\ \varpi,\ \varphi,\ \Omega,\ \mathrm{K},\ \mathrm{W}.$$

Au contraire, dans les autres termes et dans leurs dérivées, le temps t sera toujours l'un des facteurs de l'exposant d'une exponentielle népérienne, que l'on peut transformer en sinus et cosinus. Donc, en définitive, la variation du premier ordre de chaque élément elliptique se composera de deux espèces de termes, les uns proportionnels à $t-\theta$, les autres renfermant le temps t, au premier degré seulement, sous le signe sinus ou cosinus. Ces derniers termes, dont chacun reprend périodiquement la même valeur, quand on fait croître son argument, c'est-à-dire l'angle renfermé sous le signe sinus ou cosinus, d'une ou plusieurs circonférences, sont désignés, pour cette raison, sous le nom d'*inégalités périodiques*. Les autres, qui peuvent être considérés comme provenant du développement de sinus ou cosinus, correspondants à des périodes qui embrasseraient un grand nombre de siècles, se nomment *inégalités séculaires*.

» Si l'on suppose le rapport

$$\frac{c'}{c}$$

irrationnel, la condition (19) ne se vérifiera que lorsqu'on aura

$$n=0,\quad n'=0.$$

Or, en réduisant n et n' à zéro, on réduit l'expression (10) au produit

$$(m,\,m')_{n,\,n'}(t-\theta),$$

indépendant de τ, et dont en conséquence la dérivée relative à τ s'évanouit. Donc, dans la supposition que nous venons d'indiquer, la variation du premier ordre de l'élément elliptique Ω n'offrira point de termes séculaires. Ajoutons que l'on pourra en dire autant du grand axe $2a$ lié à l'élément Ω par la formule

$$2a=\frac{\mathfrak{M}}{\Omega}.$$

On se trouvera ainsi ramené au théorème remarquable que Laplace a donné en 1773, mais en tenant compte seulement des première et seconde puissances des inclinaisons et des excentricités. Quelques années plus tard, en 1776, ce même théorème a été démontré par Lagrange dans toute sa généralité. »

ANATOMIE COMPARÉE. — *Note lue par* M. DUVERNOY, *en offrant à l'Académie le tome VII des* Leçons d'Anatomie comparée *de G. Cuvier, 2me édition.*

« J'ai l'honneur d'offrir à l'Académie le tome VII de la deuxième édition de l'ouvrage intitulé : *Leçons d'Anatomie comparée* de *G. Cuvier,* dont j'ai contribué à publier, en 1805, comme rédacteur et collaborateur, les tomes III, IV et V de la première édition.

» Ces trois volumes, ou plutôt ces deux volumes et demi de texte (les planches et leur explication formaient la seconde moitié du dernier volume), en feront *six* dans l'édition actuelle, qui paraît sans planches, du moins pour le moment.

» Cinq de ces volumes sont publiés. Le premier et le second ont paru en 1835. Ils forment le tome IV de tout l'ouvrage, première et deuxième partie, et traitent *des organes d'alimentation ou de chylification des animaux vertébrés.*

» Le troisième volume (le tome V de l'ouvrage) comprend la description de ces mêmes *organes d'alimentation dans les mollusques, les articulés et les zoophytes;* il a paru en 1837.

» Le quatrième volume (le tome VI de l'ouvrage) traite *du fluide nourricier, de ses réservoirs et des organes qui le mettent en mouvement, dans tout le règne animal;* il est de 1839.

» Le cinquième volume (le tome VII de tout l'ouvrage) datera de 1840. Il est employé tout entier à *la description des organes d'élaboration et de dépuration de ce même fluide nourricier, par la respiration et la sécrétion urinaire.*

» Il me reste un volume à publier, pour achever ma longue tâche. Si j'avance lentement vers la fin, cela tient principalement à l'état actuel, rapidement progressif, de l'anatomie comparée, et à la nécessité d'en donner une esquisse complète. Qu'il me soit permis de développer en peu de mots ces deux propositions.

» Les sciences d'observation ont toutes été fondées, en premier lieu, sur un certain nombre de faits connus, desquels on a cru pouvoir déduire les propositions générales qui ont servi à les constituer. Mais à mesure que des observations nouvelles sont venues s'ajouter aux premières, on a été obligé de restreindre, de modifier, de changer même une partie des propositions qui caractérisaient la première époque de ces sciences.

» C'est ce qui est arrivé à la chimie; à certaines parties de la physique; et à l'histoire naturelle classique, dans laquelle on est embarrassé, en ce moment, pour déterminer avec précision les limites de certains groupes, tracées d'abord d'une manière absolue et sans réserve.

» L'anatomie comparée a suivi cette marche progressive. Elle est arrivée à la seconde époque, à celle où les détails se multiplient, s'accumulent, et viennent confirmer, restreindre ou changer les premières propositions. Il faut, d'un côté, classer ces observations nombreuses, pour les introduire dans la science; et, de l'autre, n'en tirer qu'avec réserve des conclusions générales, afin que les faits qu'on pourra découvrir le lendemain, ne soient pas en contradiction avec les déductions des observations faites la veille.

» Tel est, il me semble, le caractère actuel de cette science; tel est l'esprit que j'ai cru devoir mettre dans son exposition.

» Ces réflexions me justifieront, j'espère, des nombreuses additions, des développements considérables, des changements dans la distribution des matières, et même dans les titres des volumes, ou des leçons, c'est-à-dire des chapitres de cet ouvrage, qui en font un livre nouveau (1).

» En effet, les matières de la première édition, traitées, entre autres, dans ce volume, ont été renouvelées, pour ainsi dire, en très grande partie; soit d'après les recherches de M. Cuvier lui-même, que j'ai eu soin de citer à mesure de leur emploi; soit d'après celles des anatomistes qui ont marché sur ses traces, dans le long intervalle de 1805 à 1840; re-

(1) On en jugera par les chiffres suivants : le volume actuel a 644 pages de texte ; les matières qui y sont traitées répondent à 141 $\frac{1}{2}$ de la première édition, qui n'en font que 121 de la seconde. De ces 141 $\frac{1}{2}$ pages, il y en avait 33 de la rédaction de M. Cuvier; 10 $\frac{1}{2}$ pour les généralités sur la respiration, et 23 pour la description des organes de la respiration dans tous les animaux sans vertèbres. Les autres 108 pages étaient de ma rédaction. Il y en a 500 en sus, dans le volume en question, pour compléter la connaissance des mêmes organes, telle que la science actuelle doit la présenter.

cherches auxquelles j'ai pu prendre, plus particulièrement depuis treize années, une part active et non interrompue.

» Je me suis fait un devoir, pour la rédaction de ce volume, comme pour les précédents, non-seulement de vérifier encore la plupart des faits que nous avions rapportés dans la première édition, mais, de plus, une grande partie de ceux qui ont été découverts depuis 1805.

» J'ai cherché enfin, dans mes persévérantes investigations de chaque jour, à contribuer moi-même aux progrès de la science de l'organisation, par un certain nombre d'observations nouvelles.

» Une partie de ces observations a été successivement le sujet des communications que l'Académie m'a permis de lui faire (1).

» Le temps et d'autres soins m'ont empêché de lui en faire plusieurs autres. Elles resteront comme pierres d'attente, jusqu'au jour où il me sera possible de les lui présenter avec de nouveaux développements, qui puissent mériter de fixer son attention et m'autoriser à la lui demander. »

RAPPORTS.

CHIRURGIE. — *Rapport sur un Mémoire de* M. LALLEMAND, professeur de clinique chirurgicale à la Faculté de Médecine de Montpellier, *intitulé : Nouvelle méthode de traiter et de guérir les fistules vésico-vaginales.*

(Commissaires, MM. Magendie, Double, Breschet rapporteur.)

« M. Lallemand a pris pour sujet du Mémoire qu'il a présenté à l'Académie des Sciences, une maladie dont la guérison a long-temps été considérée comme impossible, et qui, aujourd'hui encore, malgré les progrès de l'art, est regardée comme très difficile. En effet, les méthodes curatives recommandées jusqu'ici, échouent dans le plus grand nombre de cas.

» Cette maladie consiste dans une ouverture de communication, avec perte de substance, entre la vessie et le vagin. Parmi les obstacles à la

(1) Ces communications, au nombre de sept, ont eu lieu dans les séances du 17 septembre 1838; des 7 janvier, 3 juin et 8 juillet 1839; des 23 mars, 15 juin et 10 août 1840.

guérison, il faut compter au premier rang non-seulement cette perte de substance des parois de la vessie, mais encore le passage continuel d'un liquide par la fistule. Cet écoulement, qui maintient l'ouverture béante, irrite les tissus voisins, les enflamme, et fait de cette infirmité un sujet de dégoût et de répulsion pour tout le monde, de chagrin profond et de désespoir pour les malades.

» Le plus souvent les fistules vésico-vaginales reconnaissent pour cause un accouchement laborieux dans lequel l'enfant reste au passage par l'enclavement du diamètre occipito-frontal de la tête, dans le diamètre sacro-pubien du bassin. Dans cette position la tête vient comprimer et contondre la vessie contre la face postérieure du pubis.

» Sans doute des lésions organiques anciennes, telles que des affections cancéreuses, peuvent aussi produire la perforation de la cloison vésico-vaginale, mais ces cas sont rares, et l'ouverture de communication entre ces deux cavités ne constitue pas la maladie principale. Les crochets, les branches du forceps, etc., causent parfois aussi le désordre dont nous parlons. Alors des escarrhes gangréneuses sont produites, les parties frappées de mort se détachent par un travail organique d'élimination, le pertuis fistuleux s'établit et donne continuellement passage à l'urine.

» La simple résistance que les parties opposent à la marche de l'accouchement, est aussi une cause de fistule, depuis long-temps indiquée par les accoucheurs; ils ont signalé son action principalement chez les femmes *primipares*, surtout chez celles qui deviennent enceintes un peu tard.

» L'action des causes que nous venons d'indiquer fait comprendre pourquoi presque toutes ces fistules sont sur la ligne médiane, et ouvertes transversalement. M. Lallemand rapporte cependant des cas dans lesquels il y avait une fistule de chaque côté du col de la vessie ou une simple ouverture latérale. Dans ces circonstances, la déchirure de la cloison vésico-vaginale résultait de manœuvres maladroites avec les crochets, pour terminer l'accouchement.

» Bien qu'on pense généralement que la gravité de cette maladie augmente en raison de la plus grande profondeur de son siége et de sa proximité de l'utérus, cependant M. Lallemand ne partage pas cette opinion, car il n'admet de différence réelle qu'entre les fistules urétro-vaginales et vésico-vaginales. Dans les premières, l'urine ne sort pas sans cesse et involontairement, car il faut alors pour que ce fluide parvienne dans le vagin, qu'il soit porté dans l'urètre, et alors l'excrétion est volontaire,

tandis que, lorsque l'ouverture fistuleuse est au bas fond de la vessie, l'urine sort continuellement et cause à la malade une incommodité de tous les instants. M. Lallemand prétend aussi, et contrairement aux idées reçues, que le manuel opératoire n'offre pas plus de difficulté lorsque la maladie a son siége profondément, que lorsque l'ouverture est située très en avant. Son opinion pourrait n'être pas fondée s'il fallait employer dans le traitement de ces fistules des instruments tranchants, mais ce n'est pas à cette méthode qu'il a recours.

» Cependant il est une espèce de fistule profonde dont la cure n'est pas plus difficile, mais dont le traitement n'est point sans danger pour la vie des malades : c'est la fistule qui touche au col de l'utérus, et c'est dans ce cas seulement que M. Lallemand a échoué et qu'il a perdu ses malades. Cette gravité résulte de la part que prend le tissu de l'utérus et le péritoine, à l'inflammation provoquée par le procédé opératoire.

» En voyant le col de l'utérus se déchirer si souvent pendant l'accouchement, et sans le moindre inconvénient être cautérisé ou excisé sans accident aucun, on s'est habitué à regarder cet organe comme insensible aux solutions de continuité, aux opérations chirurgicales, et l'on a cessé de redouter les réactions qui peuvent résulter de ces diverses lésions de tissu. Je ne sais, dit M. Lallemand, si des catastrophes ont été dissimulées par certains praticiens avec autant de soins qu'ils en ont mis à publier leurs succès, mais je ne puis partager cette aveugle sécurité et je crois devoir faire connaître les faits sur lesquels se fondent mes appréhensions.

» M. Lallemand nous prouve, dans son important travail, que non-seulement il est un chirurgien habile, un praticien consommé, mais encore qu'il est plein de candeur et de probité. Il rapporte avec détail l'observation dans laquelle sa méthode opératoire a eu des suites funestes, et dans la crainte que nous ne missions pas suffisamment sous les yeux de l'Académie et sous ceux des praticiens cet exemple d'insuccès, il nous a dernièrement envoyé l'histoire d'un nouveau cas où des accidents inflammatoires intenses et surtout une péritonite ont fait périr sa malade.

» Voici ce que nous a écrit M. Lallemand :

« Vous savez que dans mon Mémoire présenté à l'Académie des » Sciences, j'ai parlé de deux femmes qui avaient des fistules vésico-va- » ginales situées immédiatement au-devant du col de l'utérus ou même à » travers ce col lui-même, et que ces deux malades ont succombé à la » suite d'une péritonite. Je viens d'éprouver la même catastrophe à l'Hô-

» pital dans des circonstances exactement semblables. L'instrument était » retiré depuis deux jours et rien n'avait passé par la fistule, lorsque des » douleurs abdominales se sont manifestées, et m'ont forcé à retirer la » sonde de gomme élastique. Rien n'a pu arrêter la marche de la périto- » nite suraiguë qui s'est développée. A l'examen du corps nous avons » trouvé le péritoine rempli d'un pus épais comme celui d'un phlegmon; » des adhérences s'étaient établies dans le reste de la surface du péritoine, » et la cicatrice s'était rompue, mais rien de particulier n'avait eu lieu dans » l'utérus: seulement j'ai constaté que les crochets avaient porté sur l'ex- » trémité du repli péritonial qui passe de la vessie à l'utérus.

» Je pense que vous ferez bien d'ajouter ce fait aux deux autres, quoi- » qu'il soit postérieur au Mémoire. Si j'avais réussi, je l'aurais joint aux cas » de succès; il faut donc le comprendre parmi ceux de non-réussite. Il im- » porte surtout aux praticiens de le connaître, lorsqu'ils auront à traiter » des fistules placées dans cette région *dangereuse*. On doit à *tous, toute* la » vérité. »

» Vous voyez, Messieurs, quel esprit de loyauté anime M. Lallemand et avec quelle candeur il parle de ses opérations; c'est que chez le médecin bien pénétré de ses devoirs, on trouve une étroite union de l'amour de l'humanité avec celui de la vérité.

» Il est certain que chez les malades qui ont péri par suite de l'opération, les accidents ont été la conséquence du voisinage de l'utérus et du repli péritonial qui passe de cet organe sur la vessie. La ressemblance des symptômes et des altérations doit faire attribuer le danger de ces opérations à la nature même des parties dans lesquelles ou près desquelles les crochets ont été implantés. En admettant la possibilité, dans ces conjonctures difficiles, d'employer d'autres moyens que l'airigne de M. Lallemand, il est encore à craindre de voir des accidents survenir, si les agents mécaniques exercent leur action sur ces parties et altèrent les mêmes tissus. Dans les circonstances où les fistules avoisineraient le col de l'utérus, M. Lallemand préférerait à sa méthode, l'emploi de cautérisations faites avec mesure et précaution grande, en les renouvelant à de longs intervalles les unes des autres.

» Si la *situation* de la fistule peut avoir de l'influence sur la gravité du traitement, l'*étendue* de cette ouverture doit aussi rendre la cure de cette affection plus ou moins difficile ou même rendre la guérison tout-à-fait impossible. Ainsi une large voie de communication entre le vagin et la vessie avec perte considérable de substance feront que l'art par aucun moyen ne

pourra y remédier. M. Lallemand a vu trois cas de cette nature. Dans les deux premiers la cloison avait été presque entièrement détruite, depuis le col de la vessie, jusqu'au voisinage du col de l'utérus. Dans le dernier, la perte de substance était moins étendue, mais il existait en même temps une perforation à la paroi recto-vaginale, de sorte que l'urine et les matières fécales se rendaient continuellement dans ce cloaque. Ici, le médecin ne doit s'occuper que de trouver des moyens palliatifs.

» Entre ces altérations très vastes et de petits pertuis fistuleux, il existe une foule de nuances intermédiaires. A quel degré d'étendue les chances de guérison sont-elles assez nombreuses pour justifier des tentatives de guérison, toujours plus ou moins douloureuses ou pénibles? M. Lallemand dit avec juste raison qu'il est impossible de poser à cet égard aucune limite fixe. On peut admettre comme règle générale la *possibilité d'amener les bords de la fistule à un contact exact, au moins dans la plus grande partie de leur surface;* car si l'on n'obtenait pas une réunion entière du premier coup, on faciliterait une seconde tentative et l'on augmenterait ainsi les chances d'une guérison complète, obtenue par plusieurs opérations successives. La plus grande fistule vésico-vaginale opérée et guérie par M. Lallemand avait dix-huit lignes. Il faut bien distinguer dans la grandeur de ces ouvertures fistuleuses le diamètre transversal du diamètre antéro-postérieur. Le premier a une influence bien minime comparée à celle du second, sur le traitement et sur la guérison de la maladie.

» On est tout naturellement porté à penser que les fistules les plus étroites doivent être les plus faciles à fermer, et c'est rigoureusement vrai dans le plus grand nombre des cas. Cette règle souffre pourtant des exceptions, car lorsqu'il existe des brides qui tiennent le pertuis constamment ouvert, lorsque la femme est faible, d'une constitution molle, cacochyme, détériorée, etc., alors la cicatrisation se fait mal et l'oblitération des fistules est difficile à obtenir.

» M. Lallemand fait très judicieusement observer que la cicatrisation est un travail de la vie sur lequel l'opérateur n'a presque aucune influence. Le médecin a des procédés, il met les parties dans la situation desirable pour obtenir une cicatrisation, mais la nature a seule des moyens, et c'est elle qui opère l'oblitération de la fistule en cicatrisant ses bords.

» Cependant les dimensions de la fistule doivent permettre la cicatrisation ou s'y opposer, et d'après ce principe les petites fistules se réunissent parfois très facilement et par les procédés les plus simples. Souvent de légères cautérisations soit avec le fer incandescent, soit avec le nitrate d'ar-

gent fondu, ont suffi pour obtenir l'occlusion de pertuis fistuleux d'une étendue de quelques lignes. Votre rapporteur a plusieurs fois vu M. Dupuytren réussir en pareille occurence, et lui-même a obtenu de semblables succès. Il a vu dernièrement encore MM. Récamier et Amussat produire la guérison de fistules qui existaient depuis plusieurs années, et dont l'étendue était de quatre ou cinq lignes, par de légères cautérisations de la membrane muqueuse du vagin avec le fer rouge. Mais en même temps qu'on touche avec des caustiques les bords de la fistule pour obtenir la tuméfaction des tissus malades, leur inflammation adhésive et la secrétion d'une matière albumineuse concrescible ou lymphe plastique, il faut s'opposer à ce que l'urine vienne baigner les surfaces traumatiques. Pour atteindre ce but, une sonde doit être introduite et maintenue dans la vessie.

» Une autre condition de réussite, c'est de n'espérer la guérison de ces fistules que lorsque les bords de l'ouverture accidentelle peuvent être mis en contact naturellement, ou qu'on peut les amener à ce contact par le gonflement inflammatoire qui résulte de la cautérisation.

» L'ancienneté de la fistule, sans rendre cette infirmité incurable, ajoute pourtant aux difficultés du traitement. L'irritation habituelle provoquée par le passage de l'urine détermine une légère inflammation qui produit une induration des tissus; dès-lors on ne développe qu'avec beaucoup de peine une inflammation adhésive et la secrétion de la matière concrescible. Il importe donc pour éprouver moins de résistance, de combattre ces fistules peu de temps après leur formation, et lorsque les escarrhes viennent de se détacher.

» Certaines circonstances locales doivent être notées et appréciées par l'opérateur indépendamment du siége, de la direction, etc., des fistules. Ainsi il faut tenir grand compte du degré de vitalité des tissus malades, de l'épaisseur des parois vésico-vaginales qui ne doivent pas être trop minces, surtout vers les bords de la fistule, car alors il serait difficile d'affronter les bords de l'ouverture, de les maintenir dans un contact régulier et d'y développer l'inflammation adhésive. Il est donc avantageux que la paroi vaginale soit épaisse, ainsi que la circonférence de la fistule, que la membrane muqueuse de la vessie ne soit pas malade, et que l'urine ne contienne pas trop de sels ou de mucosités continuellement déposés sur les surfaces traumatiques.

» Une dernière circonstance de réussite dépend de la constitution de la malade : si l'on traite une femme d'une constitution forte, vigoureuse,

à chair ferme, dont le teint est animé, les muscles développés, on obtiendra bien plus facilement la guérison que si la femme est affaiblie, lymphatique, à chairs molles, au teint blafard, etc. Dans le premier état, M. Lallemand a vu des fistules de seize ou dix-huit lignes céder à une ou deux cautérisations, tandis que dans la seconde supposition le traitement était long, laborieux, fatigant, et parfois la guérison restait incomplète. Les trois plus grandes fistules qu'il ait guéries, s'ouvraient au bas fond de la vessie, et ce sont celles dans lesquelles la cicatrisation s'est opérée avec le plus de rapidité, tandis qu'il n'a pu obtenir l'oblitération de plusieurs autres très petites, occupant la partie voisine de l'urètre, parce que la constitution du sujet et sa vitalité n'étaient pas favorables au travail de cicatrisation.

» Nous avons cru devoir signaler ces circonstances favorables ou contraires à la réussite du traitement, parce que le vulgaire des médecins comme les gens du monde, ne tiennent le plus souvent compte que du résultat et trop souvent on juge les méthodes curatives d'après le bon ou le mauvais succès de leur emploi. Heureux encore sont les praticiens lorsque de petites passions ou un esprit de dénigrement de la part d'une médiocrité jalouse ne viennent pas se joindre contre eux à l'oubli des circonstances que l'art ne peut pas maîtriser.

» Ainsi M. Lallemand raconte avoir vu plusieurs fistules à la surface desquelles il n'a jamais pu exciter une inflammation de bonne nature, soit par le fer rouge ou le nitrate d'argent, soit même en y introduisant de l'ammoniaque, des cantharides, etc. Elles sont toujours restées grisâtres, blafardes, sanieuses, peu ou point saignantes, enfin du plus mauvais aspect. Quelques-unes se couvraient continuellement de croûtes fournies par les sels urinaires, et ces croûtes étaient tellement adhérentes qu'on ne pouvait les détacher que par lambeaux; quand elles tombaient spontanément, il en restait toujours la plus grande partie et elles se reproduisaient avec rapidité.

» M. Lallemand pense avec juste raison que toutes les fois qu'on n'obtient pas une inflammation aiguë par la cautérisation; toutes les fois qu'après la chute des escarrhes la plaie ne présente pas une surface nette et d'un beau rouge, il ne faut pas tenter la réunion, car l'excision elle-même ne donnerait pas aux bords de la plaie la vitalité qui lui manque. Il indique comme conditions favorables à la guérison, la netteté de l'ulcération, sa couleur vermeille, la facilité qu'elle a de laisser exsuder du sang de sa surface, lorsqu'on la frotte avec un bourdonnet de charpie, pour en détacher les escarrhes. Alors il faut opérer la coaptation, et ne pas même attendre au lendemain.

C'est aussi dans ce cas que l'emploi d'un instrument dont nous allons bientôt parler (la sonde-airigne), sera d'un grand secours, et assurera la guérison.

» D'après notre exposé, on doit reconnaître que le travail de M. Lallemand n'est point une simple description d'une méthode chirurgicale, car il a placé avant l'histoire graphique de sa méthode, de hautes considérations pratiques qui distinguent le médecin du simple opérateur.

» Trois indications principales doivent être remplies pour parvenir à fermer les fistules vésico-vaginales : 1° aviver ou rafraîchir les bords de l'ouverture fistuleuse, pour la mettre dans les conditions nécessaires à la cicatrisation, en y excitant une inflammation modérée; 2° rapprocher les lèvres et les amener au contact, afin que l'agglutination se fasse et que le pertuis soit oblitéré; 3° enfin, s'opposer au passage de l'urine par le trajet fistuleux, pendant le travail de l'oblitération de cette voie insolite.

» Pour arriver à ces importants résultats, on a cherché à rafraîchir les bords de la plaie avec des instruments tranchants de plus d'un genre, mais le manque de point d'appui ou le petit diamètre de l'ouverture, rendent toujours cette manœuvre laborieuse, et son effet a parfois été d'aggraver la maladie en rendant l'ouverture plus large, et d'ajouter ainsi aux difficultés d'en rapprocher les bords.

» On a pensé que par les caustiques on atteindrait simultanément un double but : raviver la plaie et provoquer une inflammation. Ainsi les caustiques liquides, tels que les acides concentrés, la solution nitrique de mercure, et mieux encore le cautère actuel ou fer incandescent ont tour à tour été mis en usage. Si la fistule est très petite, on peut espérer quelque succès de l'emploi des caustiques; si elle est d'une étendue médiocre ou moins que médiocre, c'est-à-dire de six à huit lignes, le fer rouge pourra suffire pour amener la guérison, en ayant soin toutefois de cautériser légèrement la membrane muqueuse, de manière à ne point provoquer une inflammation de la vessie et à ne pas produire d'escarrhes, qui par leur chute agrandiraient la fistule. Plus d'une fois ces cautérisations ont été efficaces dans les cas de petits pertuis fistuleux; mais communément ce moyen ne peut servir qu'à aviver les bords de la plaie et à les enflammer.

» Le nombre des procédés chirurgicaux n'a pas été moins grand pour ramener au contact les bords de la fistule et pour les y maintenir. Ici l'on a d'abord proposé la *suture*, que l'on a employée sous presque toutes ses

formes. Outre la difficulté de faire passer une aiguille et un fil du vagin dans la vessie et réciproquement, et bien que ces manœuvres aient été simplifiées dans ces derniers temps, par l'invention d'instruments plus ou moins ingénieux, on reproche à la *suture* d'exercer une traction douloureuse sur les tissus malades et de finir par déchirer les bords de la plaie, bien avant l'occlusion de la fistule: c'est pourquoi presque tous les praticiens renoncent aujourd'hui à ce moyen de traitement.

» En désespoir de cause on a proposé récemment de fermer le vagin au-devant de la fistule, en faisant adhérer ses parois, mais alors la femme est condamnée à la stérilité et ne peut plus se livrer aux actes qui précèdent la fécondation. Plus nouvellement encore, on a essayé d'oblitérer la fistule, en portant dans son intérieur un lambeau de la membrane muqueuse du vagin tenant encore par un pédicule, pour former une sorte de bouchon organique. Nous nous abstiendrons de porter un jugement sur ces deux méthodes, parce que l'expérience n'a pas encore suffisamment parlé.

» Ces rapides considérations sur les voies déjà suivies dans la cure des fistules vésico-vaginales feront mieux comprendre la méthode proposée par M. Lallemand, et qui remplit dans le plus grand nombre de cas toutes les indications.

» Cette méthode consiste à cautériser l'orifice et le trajet de la fistule avec le fer rouge ou avec un crayon de nitrate d'argent, et à rapprocher les lèvres de la plaie avec une sonde-airigne. Le fer rouge doit être employé toutes les fois qu'on a besoin de détruire certaines parties, de niveler des inégalités, surtout lorsque l'ouverture est étendue; ou bien, quoiqu'elle soit petite, lorsqu'elle est masquée, sinueuse, et que son trajet ne peut être parcouru par un cylindre de nitrate d'argent. Les cautères olivaires n'ont pas besoin d'avoir plus d'une ligne de diamètre dans la portion la plus renflée, et la tige doit être beaucoup plus mince, pour qu'elle conserve moins de chaleur. Pour les fistules étroites et sinueuses on doit se servir de stylets variés, contournés suivant les circonstances et la disposition des parties.

» M. Lallemand pense que la *sonde-airigne* mérite de beaucoup d'être préférée à la *suture*, dans tous les cas où la fistule est transversale ou qu'elle peut être ramenée à cette forme, et c'est ce qui arrive presque toujours quand l'opération est praticable. Sur vingt-un cas de fistules, M. Lallemand n'en a trouvé qu'un seul de fistule oblique et irrégulière, dont la réunion n'aurait pu se faire d'arrière en avant.

» C'est avec cet instrument que les lèvres de la plaie sont rapprochées et maintenues en rapport convenable. Par cette *sonde-airigne* la pression peut être augmentée ou diminuée à volonté, ce qu'on ne peut produire avec la *suture*. Un autre avantage de cette sonde, suivant son inventeur, c'est que par son emploi les bords de la plaie ne peuvent se renverser en haut, parce que la sonde, exactement collée sur la vessie par les crochets, ne saurait être soulevée. Si les bords se renversaient en bas, le doigt indicateur, placé sous la fistule, pendant l'application de l'instrument, s'en apercevrait aussitôt et s'opposerait à ce déplacement.

» L'emploi d'un instrument dont on peut graduer l'action est d'un grand avantage, parce qu'il permet de modifier la disposition des parties et d'arriver, dans une opération aussi délicate, à une réunion régulière et exacte. Enfin cette *sonde-airigne*, non-seulement réunit les lèvres de la plaie, mais encore elle porte avec elle un conduit pour l'émission de l'urine au dehors, et ce conduit n'est pas vacillant et ne se déplace pas comme le fait une sonde d'argent ou une sonde de gomme élastique.

» On voit que nous parlons d'un instrument sans le décrire; c'est qu'il est difficile de faire comprendre la construction d'une mécanique et son mode d'action par une simple description et sans l'avoir sous les yeux. Je soumets cette *sonde-airigne* à l'examen de l'Académie, et je me contente de dire qu'elle est composée de deux cylindres creux superposés l'un à l'autre. L'inférieur renferme des crochets ou airignes destinés à pénétrer dans les lèvres de la plaie et qu'un pas de vis fait sortir ou rentrer à volonté. Un ressort à boudin est destiné à faire mouvoir une plaque qui doit fixer l'instrument. Le cylindre supérieur, ouvert à son extrémité vésicale, a pour fonction de donner passage à l'urine et de s'opposer à l'infiltration de ce liquide entre les lèvres de la fistule.

» Nous pourrions décrire ici avec détail le manuel opératoire; mais nous croyons devoir nous abstenir d'entrer dans des particularités trop techniques et qui appartiennent essentiellement à la pratique de l'art.

» Nous croyons plus convenable de renvoyer au Mémoire lui-même.

» Nous terminerons ce Rapport en donnant une sorte de statistique des opérations pratiquées par M. Lallemand, pour la guérison des fistules vésico-vaginales, d'après sa méthode. Ces renseignements nous sont arrivés depuis l'envoi du Mémoire à l'Académie.

» Sur *quinze opérations*, M. Lallemand compte *sept* guérisons complètes et constatées long-temps après la fin du traitement. Il avait cru pouvoir en compter neuf; mais d'après des renseignements récents qu'il a reçus

de deux de ses malades, il résulte qu'elles perdent encore quelques gouttes d'urine quand la vessie est bien distendue, mais il leur suffit d'expulser souvent l'urine pour éviter cet inconvénient. Aussi ces femmes n'ont-elles pas d'abord réclamé les conseils de M. Lallemand, car cet état est tellement différent de celui dans lequel elles se trouvaient avant l'opération, qu'elles se regardent comme guéries. On peut donc ranger ces deux cas, sinon dans les succès complets, du moins parmi les améliorations très voisines de la guérison.

» Dans ces sept cas de guérisons, quatre fistules avaient de 9 à 18 lignes d'étendue transversale. Trois étaient placées au bas fond de la vessie, deux étaient accompagnées de brides qui oblitéraient en partie le vagin, et qui ont rendu les manœuvres opératoires très difficiles.

» Après ces cas de réussite nous dirons que M. Lallemand a eu *six* insuccès, dont *trois* cas *de mort*. Le dernier cas funeste est postérieur à l'envoi du Mémoire à l'Académie des Sciences.

» M. Lallemand ne compte pas deux malades qui ont quitté Montpellier au milieu de leur traitement, l'une par nostalgie, l'autre par défaut d'énergie ou par trop de susceptibilité nerveuse.

» Il a observé de plus quatre fistules vésico-vaginales auxquelles il n'a voulu toucher à cause de leur énorme étendue, et une autre parce qu'elle était compliquée de fistule recto-vaginale considérable.

» Ce nombre d'insuccès est sans doute bien grand, mais lorsqu'on songera que ce genre de maladie était naguère encore considéré comme une infirmité presque toujours incurable, on reconnaîtra que M. Lallemand a rendu un grand service à l'humanité, et qu'il a fait faire un progrès réel à la science.

» Ces raisons paraissent plus que suffisantes à votre Commission pour proposer à l'Académie de témoigner à M. Lallemand la satisfaction que vos commissaires ont éprouvée par la lecture de ce travail, et ils en demanderaient l'insertion dans le *Recueil des Savants étrangers*, s'ils ne savaient pas que cet opuscule est destiné à une prochaine publication. »

Les conclusions de ce Rapport sont adoptées.

MÉMOIRES LUS.

MÉDECINE. — *Mémoire sur la peste et son mode de propagation; par* M. EUSÈBE DE SALLE.

(Commissaires, MM. Magendie, Serres, Larrey.)

PATHOGÉNIE. — *Essai d'une théorie générale des difformités articulaires du système osseux, chez les monstres, le fœtus et l'enfant; par* M. JULES GUÉRIN. (Extrait par l'auteur.)

(Commissaires, MM. Serres, Flourens, Breschet, Isid. Geoffroy-St.-Hilaire.)

« Dès l'année 1836, l'auteur avait été conduit à ramener toutes les difformités articulaires du système osseux, chez les monstres, le fœtus et l'enfant, à une cause commune. Les premières bases de cette doctrine avaient été exposées dans le travail présenté par lui à l'Académie, pour le concours du grand prix de Chirurgie. Depuis cette époque il en avait fait plusieurs applications aux difformités particulières du squelette, dans une série de Mémoires sur le *torticolis*, les *déviations de l'épine*, les *luxations congéniales* et les *pieds-bots*. Le travail qu'il vient de lire devant l'Académie a pour but de reconstruire sa théorie dans son ensemble et ses proportions définitives, de la formuler dans ses termes les plus généraux, et de l'entourer de toutes les preuves qui servent à l'établir.

» M. J. Guérin s'est proposé de démontrer :

» *Que toutes les difformités articulaires du système osseux chez les monstres, le fœtus et l'enfant, sont le produit de la rétraction active des muscles, provoquée par une lésion du système nerveux, soit du cerveau ou de la moelle, soit des nerfs eux-mêmes; et les variétés de ces difformités, le produit de la rétraction différemment combinée et distribuée dans les muscles du tronc et des membres.*

» L'auteur a recueilli un grand nombre d'observations, offrant toutes les formes imaginables des difformités du système osseux, depuis le degré le plus faible de la difformité isolée, jusqu'à la déformation la plus complète de toutes les articulations du squelette chez le même individu. Il a disposé cette collection de faits suivant une série régulièrement décroissante entre les deux manifestations extrêmes de l'action de leur cause commune, de manière à montrer la liaison intime et dépendance respec-

tive de chacun de ses effets intermédiaires, et de manière à nouer par une chaîne non interrompue les résultats de son action la plus profonde et la plus générale, sur la totalité du squelette, avec ceux de son atteinte la plus faible sur une seule portion de ce système. Cette série, qu'il appelle la *série étiologique*, lui a permis d'abstraire de chacun de ses termes, et de composer d'après l'analyse de chacun d'eux, une formule générale renfermant quatre ordres de caractères propres à établir et à vérifier la communauté d'origine des difformités chez les monstres et le fœtus d'abord, ensuite chez l'enfant. Ces quatre ordres de caractères sont, 1° les caractères de la cause éloignée ou de la lésion du système nerveux; 2° les caractères de la cause prochaine, rétraction musculaire; 3° les caractères de relation de la cause éloignée, lésion nerveuse, avec la cause prochaine, rétraction musculaire; 4° les caractères de relation ou d'harmonie de la cause prochaine, rétraction musculaire, avec ses effets immédiats, les difformités.

» 1°. *Caractères de la cause éloignée, de l'affection nerveuse.* — Ce premier ordre de caractères est fourni successivement par les enveloppes osseuses et membraneuses du cerveau et de la moelle, par le cerveau et la moelle, et en dernier lieu par les nerfs.

» Le crâne est tantôt développé outre mesure, comme dans l'hydrocéphale générale; tantôt l'une de ses deux moitiés est déprimée, l'autre saillante; tantôt les deux moitiés semblent avoir chevauché suivant un plan vertical, de manière à offrir une double saillie opposée, du frontal d'un côté, et de l'occipital de l'autre. Souvent les os sont disjoints et maintenus en rapports médiats seulement, par la dure-mère très dilatée. Dans tous les cas, la consistance des os est non-seulement diminuée par suite de leur ampliation, mais l'ossification y paraît retardée; on y voit des îlots osseux en grand nombre, comme si les os avaient été le siége de fractures considérables. Dans d'autres circonstances, le crâne est largement ouvert, ses os renversés et à moitié développés ou à moitié détruits; ou bien ils sont affaissés sur la base du crâne; mais quels que soient la forme et le siége de l'anencéphalie, il est presque toujours possible d'en retrouver les rudiments par un examen attentif, ce qui établit bien le fait de la disjonction, de la destruction, et non celui d'une absence complète de développement.

» La colonne vertébrale conserve toujours aussi le nombre de ses éléments, au moins à l'état rudimentaire: corps vertébraux, apophyses transverses, apophyses épineuses, peuvent être retrouvés dans les cas de spina-bifida, avec ou sans courbures de la colonne. Les apophyses épineuses

divisées à leur sommet, n'offrent pas, comme on l'a dit, un défaut de soudure, de réunion, par arrêt de développement de leurs parties, mais sont violemment disjointes, renversées, entraînées dans le sens de certains muscles, ou aplaties sur les côtés, et offrent leur entier développement jusqu'à leurs tubercules terminaux; leur écartement même dans les spina-bifida très complets, est presque toujours très considérable, et accuse une force de disjonction active, et non un simple défaut de réunion passive. Somme toute, le caractère général des enveloppes osseuses du système cérébro-spinal, c'est la disjonction, le déplacement, l'altération, la déformation; mais avec persistance, à l'état rudimentaire au moins, et non l'absence complète de développement.

» Les méninges du cerveau et de la moelle offrent des caractères analogues et de même signification. Jamais absence complète de développement, mais traces d'altération ou de destruction. La dure-mère cérébrale sert souvent d'enveloppe au liquide tenant les résidus du cerveau en suspension. Quand il n'y a plus de poche encéphalique, on retrouve sous les os craniens affaissés, tout ou partie de la dure-mère. Il en est de même des autres membranes du cerveau, qui forment avec le paquet des vaisseaux, un lacis inextricable, frangé, couronnant la base du crâne. La dure-mère et les autres méninges rachidiennes se retrouvent aussi, même dans les spina-bifida les plus complets. Ces membranes sont déchirées, amincies, ouvertes à la partie postérieure, collées contre la paroi restante du canal, mais on les retrouve constamment. C'est surtout dans les spina-bifida incomplets, qu'on peut le mieux constater le caractère essentiel de leurs modifications. A l'extrémité des parties saines qui continuent à envelopper la moelle, d'autres portions amincies, frangées, à moitié détruites, ou quelquefois épaissies, correspondent aux interruptions de la moelle et à ses parties altérées, ramollies. En résumé, les membranes comme les os du système cérébro-spinal, s'offrent avec un seul et même caractère : déplacement, altérations de texture, destruction incomplète, mais toujours persistance partielle ou existence rudimentaire des parties.

» Mêmes caractères dans le cerveau et la moelle. Altération de texture sous toutes les formes et à tous les degrés, depuis la simple injection vasculaire, jusqu'au ramollissement le plus profond, depuis la destruction de quelques points périphériques, jusqu'à la disparition presque complète de la matière pulpeuse, réduite pour le cerveau à un liquide gélatiniforme, renfermé dans ses membranes, ou à de simples et rares résidus cachés sous les voûtes craniennes affaissées. Mêmes indices d'alté-

ration et de destruction morbides pour la moelle, et d'autant plus sensibles dans cette dernière, qu'elles se circonscrivent plus fréquemment sur une seule portion de sa longueur.

» L'état des nerfs complète bien la signification de tous ces caractères: ils sont gros, raccourcis, tendus, principalement dans les cas où les muscles sont rétractés; ou bien ils sont réduits de volume, flétris, dans les cas où la rétraction a fait place au relâchement et à l'atrophie paralytique.

» 2°. *Caractères de la cause immédiate ou de la rétraction musculaire.* — Les muscles sont raccourcis, tendus. Leur raccourcissement n'a pas lieu seulement dans le sens des mouvements physiologiques, et comme pour rendre permanente une position normale; il peut s'effectuer dans toutes les directions à la fois, et être porté à un degré extrême dans le sens opposé aux mouvements normaux, et déterminer dans ce sens des flexions permanentes ou des déplacements articulaires, et même des fractures des os longs. La trame musculaire commence à passer à l'état fibreux, comme dans tous les cas où les muscles sont soumis à des tractions permanentes exagérées.

» 3°. *Caractères de relation de la cause éloignée avec la cause prochaine.* — Les caractères de la lésion du système nerveux, rapprochés de ceux de la rétraction musculaire, établissent bien la relation essentielle de ces deux ordres de faits, et la subordination des seconds aux premiers. Avec une lésion profonde ou destruction complète des organes centraux de ce système, rétraction générale et énergique de tous les muscles; avec une lésion profonde ou destruction d'un des côtés du cerveau, rétraction des muscles d'un des côtés du corps; avec une lésion profonde ou destruction de la partie déclive de la moelle, rétraction d'une partie des muscles du tronc et de ceux des membres inférieurs; avec altération de la partie inférieure d'un des faisceaux antérieurs de la moelle et des racines nerveuses qui en naissent, rétraction et paralysie des muscles du membre inférieur correspondant. En d'autres termes, relation intime entre l'étendue, le siége, le degré de la lésion du système nerveux, et l'étendue, le siége et le degré de la rétraction musculaire; et relation confirmative, du reste, des rapports établis par la physiologie entre ces deux systèmes.

» 4°. *Caractères de relation ou d'harmonie entre la cause prochaine, la rétraction musculaire, et ses effets immédiats, les difformités.* — Il n'y a pas seulement un rapport exact et intime entre la somme des muscles rétractés et le nombre des articulations déplacées, le siége spécial de la

rétraction et la direction spéciale des déplacements; mais il existe une harmonie parfaite, essentielle, entre l'action spécifique, isolée, ou collective des muscles rétractés, et la forme spécifique, partielle ou totale des difformités: de telle manière que chaque difformité, considérée dans tous les éléments constitutifs de sa forme, c'est-à-dire dans les rapports nouveaux et permanents, imprimés aux différentes surfaces articulaires, aussi bien que dans l'expression d'ensemble résultant de ces divers déplacements, offre la représentation exagérée, mais exacte, des formes affectées aux mouvements physiologiques résultant de la contraction normale des mêmes muscles, et du déplacement temporaire des mêmes surfaces; d'où la confirmation de cette loi que l'auteur a formulée depuis long-temps, à savoir : « Que les causes essentielles des difformités possèdent une telle » spécifité d'action à l'égard des déformations auxquelles elles donnent » naissance, que chacune de ces causes se traduit à l'extérieur par des » caractères qui lui sont propres, et à l'aide desquels on peut, en général, » par la difformité diagnostiquer la cause, et par la cause déterminer la » difformité. »

» Après avoir cherché à démontrer, à l'aide de cette formule, établie par l'observation et l'analyse, que les difformités articulaires chez les monstres, et le fœtus, sont dues à la même cause, l'auteur en fait l'application aux difformités congéniales et consécutives chez l'enfant; il indique chez celui-ci un dernier ordre de caractères *extérieurs*, appréciables pendant la vie, propres à corroborer ou à suppléer les premiers, et il termine en présentant une autre série de preuves tirées d'observations qui se sont offertes à lui avec quelques-uns des caractères de l'expérimentation directe. »

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

MÉDECINE. — *Sur la nature d'une maladie des régions tropicales, connue sous le nom de* Bicho de cu, *ou ver au fondement; par* M. GUYON.

Outre ce Mémoire, M. Guyon adresse :

1°. Des observations médicales faites à la suite de l'armée qui a traversé les *Portes-de-Fer,* dans le mois d'octobre de l'année dernière;

2°. Des dessins représentant quelques accidents de scorbut, maladie qui règne dans quelques localités de nos possessions d'Afrique, depuis la fin de 1839;

3°. D'autres dessins représentant des taches gangréneuses qui accompagnent parfois certains cas d'affections typhoïdes.

(Commissaires, MM. Magendie, Larrey, Breschet.)

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de la Guerre** invite l'Académie à lui désigner, le plus promptement possible, un candidat pour la place de professeur d'Analyse et de Mécanique à l'École Polytechnique, devenue vacante par suite de la nomination de M. Duhamel à la place d'examinateur permanent.

M. le **Ministre de la Marine** remercie l'Académie du rapport qu'elle lui a adressé, sur les manuscrits de météorologie et de botanique de M. *Perrottet*, ainsi que sur les collections d'histoire naturelle faites dans l'Inde par ce botaniste. La Commission qui a fait ce rapport dans la séance du 3 août dernier, se composait de MM. Arago, Duméril, Savary et Richard rapporteur.

M. **de Jouffroy** annonce qu'il a appliqué aux vaisseaux de haut-bord et aux autres bâtiments de la marine militaire, l'appareil palmipède qu'il avait déjà soumis au jugement de l'Académie. « Une série d'expériences faites sur une frégate modèle met, dit-il, hors de doute les avantages considérables de cette application, qui permettra de munir les bâtiments de guerre de toute grandeur d'une puissance motrice, sans déranger un seul agrès ni une seule pièce d'artillerie. » M. de Jouffroy offre de répéter ses expériences devant les Commissaires que l'Académie voudra bien désigner pour examiner son appareil.

(Commissaires, MM. Cauchy, Poncelet, Gambey, Piobert.)

MICROGRAPHIE. — *Expériences microscopiques sur le sang, la lymphe plastique, le pus et le lait; par* M. **Letellier**, docteur-médecin à Saint-Leu.

(Commissaires, MM. Magendie, Dumas, Milne Edwards.)

Les conclusions de ce travail, extraites par l'auteur, sont les suivantes :

« 1°. Il n'est pas possible de prouver par le microscope que les globules rouges du sang humain sont formés d'un noyau et d'une pellicule; mais le

microscope et les agents chimiques prouvent que ces globules sont formés d'une enveloppe, probablement fibrineuse, facile à déchirer par l'eau, et qui doit sa couleur uniquement au fer, et d'un noyau transparent plein, invisible dans l'eau par la perte de son enveloppe colorée, mais reparaissant quand on sature le liquide d'un sel neutre. Ce noyau est inattaquable par les acides, qui le rendent opaque, par la putréfaction, par la macération dans les sous-sels, par l'ébullition dans les alcalis; il offre ainsi les propriétés chimiques de l'albumine concrétée par un acide.

» 2°. L'albumine est formée évidemment de grains transparents devenant opaques ou se précipitant les uns sur les autres par l'alcool ou les acides.

» 3°. La lymphe plastique qui s'écoule des plaies renferme tous les éléments du sang, moins la couleur rouge des globules.

» 4°. Le pus offre principalement un grand nombre de globules du sang, privés de matière colorante et devenus opaques une petite quantité de vésicules de dimensions et de formes très variées, formées par des cellules de fibrine; et enfin des débris de fibrine.

» 5°. Le lait écrémé contient les noyaux opaques des globules du sang, et un corps particulier formé probablement de fibrine altérée par l'acide, et nécessaire à la formation du caillot.

» 6°. La crème offre les deux mêmes corps, mais infiniment peu du second; les globules du sang entiers privés de leur matière colorante; le beurre même chez la femme: il flotte en nuages; enfin un corps gras particulier plus pesant que l'eau, s'attachant au porte-objet et simulant des vésicules. »

PALÉONTOLOGIE.—M. GAULTIER DE CLAUBRY annonce que, dans une tranchée pratiquée pour la construction du chemin de fer que la compagnie des houillères de Bert fait établir, on a traversé une formation d'eau douce renfermant une grande quantité d'ossements fossiles. La tranchée a une profondeur de 2 mètres, et les ossements ont été rencontrés à 60 ou 70 centimètres seulement, sur une assez grande étendue. Ce dépôt se trouve sur la commune de Saint-Pourçain, arrondissement de La Palisse, à peu de distance du terrain primitif qui circonscrit le bassin houiller de Bert.

M. Gaultier de Claubry envoie avec sa lettre quelques ossements consistant en une vertèbre de *Palæotherium*, et des restes de crocodile, de tortue et de poissons; il y a joint un fragment du calcaire qui les renferme.

(Commissaires, MM. de Blainville, Flourens, Élie de Beaumont.)

M. Munin, professeur de physique au Collége de Bourges, annonce, à propos du Mémoire lu par M. Persoz dans la dernière séance, qu'il s'occupe d'un travail où il démontrera l'existence des chlorures, sulfures, etc., dans les dissolutions obtenues par l'action des acides hydrogénés liquides, sur les oxides métalliques. « Il en déduira, dit-il, les conditions nécessaires pour préparer des corps analogues à l'eau oxigénée, c'est-à-dire des acides chlorhydrique, bromhydrique, etc., chlorurés, bromurés, etc. Il espère pouvoir bientôt présenter aux chimistes un acide chlorhydrique chloruré, très peu stable, et non moins remarquable par ses propriétés que l'eau oxigénée de M. Thenard. »

La séance est levée à 5 heures. F.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

L'Académie a reçu dans cette séance les ouvrages dont voici les titres :

Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie royale des Sciences; 2e semestre 1840, n° 12, in-4°.

Journal de l'École royale Polytechnique; 27e cahier, tome 16, in-4°.

Leçons d'Anatomie comparée; par G. Cuvier; 2e édition, tome 7, revu et entièrement refondu; par M. Duvernoy; in-8°.

Observations médicales faites à la suite de l'armée qui, en octobre 1839, a traversé les Portes-de-Fer de la province de Constantine dans celle d'Alger; par M. le Dr Guyon; in-8°.

De l'Air comprimé et dilaté comme moteur, ou des Forces naturelles recueillies gratuitement et mises en réserve; par M. Audrand; 2e édition, augmentée d'une partie expérimentale en collaboration avec M. Tessié du Motay; in-8°.

OEuvres complètes de John Hunter, traduites de l'anglais; par M. Richelot; 11e liv. in-8°, avec atlas in-4°.

Carte géologique de la Turquie d'Europe rectifiée ; par M. A. Boué.

Rapport et Observations sur différents sujets de Médecine; par M. Ripault; in-8°.

Bulletin de la Société d'Agriculture, Sciences et Arts de Limoges; tome 18, n° 3.

Bulletin général de Thérapeutique médicale et chirurgicale; 5e et 6e livraisons, in-8°.

Maison rustique du XIXe *siècle. — Journal d'Agriculture pratique;* septembre 1840, in-8°.

Revue scientifique et industrielle; par M. Quesneville; sept. 1840, in-8°.

Supplement.... *Supplément du 5e volume des Transactions de la Société d'Agriculture et d'Horticulture de l'Inde;* Calcutta, 1838, brochure in-8°.

The Athenœum, journal; août 1840, in-4°.

Die forst.... *Sur les Insectes destructeurs des forêts; par* M. Ratzeburg; Berlin, 1840; 2 vol. in-4°.

Nuovi... *Nouveaux Organes découverts dans le corps humain; par* M. F. Paccini; Pistoje, 1840, in-8°.

Gazette médicale de Paris; tome 8, n° 39.

Gazette des Hôpitaux; n° 112—114.

L'Expérience, journal de Médecine; n° 169, in-8°.

COMPTE RENDU

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 5 OCTOBRE 1840.

PRÉSIDENCE DE M. PONCELET.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. Cauchy présente à l'Académie un Mémoire sur les *perturbations des mouvements planétaires*, et en particulier sur celles qui sont du second ordre, c'est-à-dire du même ordre que les carrés des forces perturbatrices.

MÉMOIRES LUS.

STATISTIQUE. — *Note sur la statistique intellectuelle et morale de la France; par* M. Fayet. (Extrait par l'auteur.)

(Commissaires, MM. Dupin, Mathieu, Costaz.)

Dans cette Note l'auteur fait connaître le mode de composition d'un certain nombre de tableaux numériques qu'il met sous les yeux de l'Académie, les motifs qui l'ont porté à établir certains rapprochements différents de ceux qu'on établit d'ordinaire dans les travaux de ce genre, et

enfin il fait remarquer les résultats les plus saillants qui s'en déduisent.

« Les cinq premiers tableaux contiennent la statistique intellectuelle et morale des départements du Cantal, de la Creuse, du Bas-Rhin, du Haut-Rhin et de la Seine.

» Le sixième est extrait d'un tableau beaucoup plus étendu et contient la marche de la criminalité en France pendant la période de 14 ans (1825-38), pour vingt espèces de faits différents, crimes, délits et suicides. Cette marche est en outre représentée par des lignes dont les élévations et les dépressions font connaître les époques de progrès ou de diminution dans le mal.

» Les trois tableaux suivants contiennent la criminalité spécifique de l'homme aux différents âges de sa vie, pour seize espèces de faits; cette criminalité est aussi représentée par seize lignes.

» Les autres tableaux sont les tableaux comparatifs de la moralité dans les 86 départements de la France, d'après :

» 1°. Le nombre d'accusés de crimes quelconques;

» 2°. Le nombre d'accusés nés et domiciliés dans le département;

» 3°. Le nombre d'accusés âgés de moins de 21 ans;

» 4°. Le nombre de suicides.

Tableau particulier à chaque département.

» Le tableau de chaque département se divise en trois parties :

» La première partie, sous le titre d'introduction, contient la population, sa densité et son agglomération, les naissances, les enfants de 5 à 12 ans, et les conscrits;

» La deuxième, sous le titre de statistique intellectuelle, contient l'état intellectuel du département sous le rapport de l'instruction primaire, d'après la situation des écoles primaires et d'après le nombre des conscrits qui savent lire;

» La troisième, sous le titre de statistique morale, contient la situation morale du département d'après quatorze espèces de faits différents (crimes, délits, suicides, enfants naturels, enfants trouvés, etc.);

» Pour chaque espèce de faits, l'auteur a embrassé une période plus ou moins longue et qui varie de 10 à 20 ans, et comparé des époques différentes afin de saisir, autant que possible, la loi du développement de ces faits et par suite de pouvoir, jusqu'à un certain point, juger les situations antérieures et postérieures aux données de la statistique.

Marche de la criminalité en France de 1825 à 1838.

» Le tableau de la marche de la criminalité contient, pour chaque espèce de faits : 1° le nombre annuel pour chacune des 14 années 1825-38 ; 2° les nombres moyens annuels pour chacune des périodes de 3 ans, pour chacune des périodes de 6 ans, et pour la période de 12 ans comprise entre 1825 et 1838 ; 3° l'augmentation ou la diminution en passant de chacune des périodes triennales à celle qui la suit immédiatement ; 4° l'augmentation ou la diminution du nombre annuel en passant de la première à la dernière année, de la première à la dernière période triennale, ou sexennale ; 5° une ligne construite en prenant l'année pour unité sur les abscisses, et la moyenne générale pour unité sur les ordonnées.

» Il résulte de ce tableau que le progrès moyen annuel de la criminalité en France a été :

de 79 sur 2099 (moyenne annuelle), accusés de crimes contre les personnes ;
de 25 sur 894 accusés de crimes contre les propriétés, autres que les vols ;
de 575 sur 15936 vols simples ou qualifiés ;
de 1237 sur 38540 condamnés pour délits quelconques autres que les vols simples et les délits forestiers ;
de 74 sur 2030 suicides.

» Et en somme,

de 1990 sur 59499 crimes, délits ou suicides, c'est-à-dire environ 2000 sur 60000 ou $\frac{1}{30}$ de l'année moyenne.

» Mais deux faits dignes de remarque, sont : 1° les accusés exerçant la profession d'ouvriers en soie, laine, coton, etc., dont le nombre diminue presque d'une manière continue ; 2° les accusés exerçant la profession de domestiques attachés à la personne, dont le nombre augmente d'une manière effrayante, de $\frac{1}{14}$ tous les ans.

Criminalité spécifique de l'homme aux différentes époques de sa vie.

» Sur les seize lignes qui représentent cette criminalité spécifique, et qui sont construites en prenant pour unité sur les abscisses, les différentes période de l'âge de 10 à 16 ans, de 16 à 21, etc., et pour unité sur les ordonnées, la criminalité moyenne des individus âgés de plus de 10 ans, il y en a douze qui sont à peu près semblables, et dont la marche générale est

une élévation plus ou moins rapide d'un minimum pour l'âge de 10 à 16 ans, au maximum qui a lieu de 21 à 25 ou de 25 à 30 ans, puis une descente plus ou moins régulière de ce maximum jusqu'au deuxième minimum qui se présente dans la vieillesse, et en coupant la moyenne de 35 à 50 ans.

» Les quatre autres lignes offrent quelques singularités qui méritent d'être signalées:

» La première, celle des viols ou attentats à la pudeur sur un enfant, au lieu d'un seul maximum, en présente trois, le premier, de 16 à 21 ans; le deuxième, de 25 à 30; et le troisième, de 60 à 65, et se termine par une ordonnée égale à la moitié de la moyenne.

» La deuxième, celle des faux, ne présente son maximum que dans la période de 30 à 35 ans, qui est l'âge des affaires.

» La troisième, celle des incendies, ne présente son maximum que dans la période de 40 à 45 ans.

» Enfin la quatrième, celle des suicides, s'élève d'une manière presque régulière jusqu'à son maximum, qui n'a lieu que dans la période de 70 à 80 ans, et se termine par une ordonnée très peu différente de celle du maximum, ce qui indiquerait que le dégoût de la vie est en raison de sa durée. »

CHIMIE. — *Mémoire sur la Photochimie; par* M. A. WALLER, première partie.

(Commissaires, MM. Dumas, Pouillet, Regnault.)

Dans cette première partie de son Mémoire, l'auteur s'est principalement attaché à faire voir que certaines combinaisons du brome et du chlore partagent, avec celle que l'iode forme en s'unissant à l'argent, les propriétés remarquables qui, pour cette dernière, servent de base aux opérations photographiques, c'est-à-dire la manière dont elles se modifient sous l'action de la lumière et la faculté de fixer les vapeurs mercurielles. Ce sont ainsi de nouveaux traits de ressemblance qu'il faut ajouter à tous ceux qu'on avait déjà signalés entre les composés du chlore, du brome et de l'iode.

M. Waller s'est de plus assuré que l'argent n'est pas le seul métal capable de former, avec les trois corps que nous venons de nommer, des combinaisons jouissant des propriétés sur lesquelles la découverte de M. Daguerre a fixé récemment l'attention; mais que le cuivre et l'étain la partagent avec lui, quoique d'une manière moins prononcée.

CHIRURGIE. — *Maladie de la prostate.*

M. Leroy d'Étiolles lit une Note sur les signes qui peuvent faire reconnaître l'engorgement de la prostate à son début, et sur les moyens par lesquels on peut combattre, dans sa première période, cette affection qui plus tard cause de grands désordres et offre beaucoup moins de chances de guérison.

Cette Note est renvoyée à l'examen de la Commission chargée de faire un rapport sur d'autres communications de M. Leroy d'Étiolles, relatives aux affections de la prostate; Commission qui se compose de MM. Magendie, Serres et Larrey.

M. Castera lit la première partie d'un Mémoire ayant pour titre: *De la Navigation sous-marine.*

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

PHYSIOLOGIE. — *Sur les connexions des nerfs encéphaliques avec les parties centrales de l'encéphale; par* M. A. Bazin. (3ᵉ Mémoire.)

(Commissaires, MM. Magendie, de Blainville, Serres, Flourens.)

L'auteur résume dans les termes suivants les conséquences des recherches exposées dans son nouveau Mémoire.

« Les *nerfs olfactifs* se continuent directement avec les faisceaux nerveux des lobules du même nom, et vont dans les mammifères s'épanouir dans la partie antérieure et inférieure des lobes antérieurs et dans les lobes postérieurs.

» Dans tous les animaux vertébrés ils sont en connexion, 1° avec l'aire criblée et ses prolongements, ou avec le plexus grisâtre qui s'étend du chiasma optique au bord antérieur de la protubérance, entre les pédoncules cérébraux; 2° avec les corps striés; 3° avec la commissure antérieure et, par conséquent, avec les pédoncules antérieurs.

» Les *nerfs optiques* sont en connexion avec le plexus de l'aire criblée; par plusieurs faisceaux qui naissent ou sortent de la partie postérieure du chiasma; ils se continuent avec la base de l'infundibulum, les corps ma-

millaires et leurs prolongements, ou pédoncules antérieurs de la voûte, avec les pédoncules cérébraux, les tubercules géniculés et quadrijumeaux, avec les couches optiques, les corps striés, et avec les hémisphères cérébraux.

» Le *nerf moteur commun* ou troisième paire, est en connexion avec l'aire criblée par ses racines internes; les externes se prolongent en avant, dans les pédoncules cérébraux, et en arrière dans ces mêmes pédoncules, au milieu de faisceaux très mous, mêlés à une substance grise et noire, et se rendent, les unes aux tubercules quadrijumeaux, les autres dans les pédoncules cérébelleux.

» La *quatrième paire* ou pathétique est en connexion avec les tubercules quadrijumeaux.

» La *sixième paire* peut se suivre dans la queue de la moelle allongée, la protubérance, les pédoncules cérébraux et cérébelleux.

» Le *trifacial*, le *facial* et l'*auditif* sont en connexion avec la protubérance, les pédoncules cérébraux et le cervelet.

» Le *glosso-pharyngien*, le *pneumo-gastrique* et *l'hypoglosse*, se continuent avec les filets du plexus arciforme et pénètrent dans les ganglions olivaires. On peut suivre un faisceau appartenant aux premiers jusque dans la substance grise que traversent les faisceaux qui passent d'un pédoncule cérébral à l'autre; et les filets que l'on nomme leurs racines ont un ganglion qui leur est commun.

» Les nerfs encéphaliques pourraient, d'après leurs principales connexions, être classés en quatre conjugaisons, savoir :

» 1°. La conjugaison des *nerfs olfactifs*, ou *de la première vertèbre;*

» 2°. La conjugaison des *nerfs optiques*, ou *de la deuxième vertèbre;*

» 3°. La conjugaison des *nerfs auditifs*, ou *de la troisième vertèbre;*

» 4°. La conjugaison des nerfs *glosso-pharyngiens* et *pneumo-gastriques*, ou *de la quatrième vertèbre.* »

ASTRONOMIE ANCIENNE. — *Sur une inscription trouvée dans une des chambres de la grande pyramide de Memphis, et relative à l'observation d'un phénomène céleste; par* M. A. Thilorier.

(Commissaires, MM. Biot, Mathieu, Savary.)

« On connait la relation récente du colonel anglais Wyse, à qui l'on doit la découverte de quatre chambres nouvelles dans la grande pyramide: ces chambres, où il a pénétré le premier en 1838, sont placées au-dessus

de celles du roi et de la reine. Parmi les hiéroglyphes, tracés à l'encre rouge et d'une manière cursive, sur les parois des chambres, se trouvent reproduits le cartouche déjà connu du roi *Schoufou*, le *Chéops* d'Hérodote et le *Souphi* de Manethon, et celui d'*Ano-Schoufou*, qui est le même nom précédé d'un titre divin. Ces deux cartouches sont accompagnés d'*une légende* composée d'un petit nombre de signes, d'une lecture facile, et qui se rapportent, selon moi, *à une observation astronomique* : cette légende nous fait connaître que, dans ces temps reculés et sous le règne de ce Pharaon de la quatrième dynastie, la *Lyre*, c'est-à-dire l'étoile *Wega*, *faisait son lever à midi, le jour du solstice d'été, et par conséquent se couchait à minuit le même jour*.

» Je me suis assuré, à l'aide d'une sphère à précession, que, sous la latitude de Memphis, cette circonstance remarquable n'existait et ne pouvait exister que pour une époque où le solstice d'hiver se faisait à 90°, à l'est du point tropique hibernal actuel, c'est-à-dire *vers l'an* 4550 avant l'ère chrétienne.

» J'ai été mis sur la voie de cette lecture par une tradition arabe des premiers temps de l'hégire : « Lors du règne du calife Almamoun, dit
» l'historien Abou-Zeid-el-Balkhy, on trouva tracé sur la pyramide une
» inscription qui apprenait l'époque de sa construction : *c'est le temps où*
» *la Lyre se trouvait dans le signe du Cancer*. En calculant, on trouva deux
» fois 36000 ans avant l'hégire. »

» J'ai cherché la solution de cette énigme. Il m'a semblé, en premier lieu, que par ces mots *le signe du Cancer*, il fallait entendre *le signe qui confine au cercle tropique estival*, lequel cercle porte encore de nos jours le nom de *tropique du Cancer*, quoique depuis deux mille ans la portion de l'écliptique affectée primitivement au signe du Cancer ait cessé d'être tangente au plan du cercle tropique : le sens de ce passage obscur serait donc que *le lever de la Lyre, lors de la construction de la pyramide, coïncidait avec le solstice d'été*. En second lieu, les *deux fois trente-six mille ans* doivent se comprendre d'un même nombre de révolutions de l'orbite de la Lune, comme la chronologie antique en offre plusieurs exemples.

» Or si l'on multiplie 27 jours $\frac{33}{100}$, temps que met la Lune à parcourir son orbite, par deux fois 36000, on obtient 1,967,760 jours équivalant à 5387 années solaires qui, selon le calcul de l'astronomie arabe, séparaient l'an 225 de l'hégire, date de la découverte de l'inscription, de l'époque où la Lyre se levait à midi, le jour du solstice d'été, c'est-à-dire

4540 avant Jésus-Christ; ce qui est à très peu près le nombre d'années indiqué par l'hypothèse du lever de la Lyre, d'après le calcul empirique de la précession.

» L'observation antique du lever de l'étoile de la Lyre mérite d'autant plus d'attention qu'elle semble vérifiée par un document historique qui acquiert de jour en jour plus d'authenticité. En supputant, à partir de l'an 525 avant Jésus-Christ, époque de l'invasion de Cambise, les années des 22 dynasties et des quatre règnes de la quatrième dynastie qui, selon le Canon de Manethon, ont précédé le règne de Mycérinus, et en y ajoutant les soixante dix-huit années qui, au rapport de Pline, se sont écoulées entre la mort de Mycérinus et le commencement de la construction de la grande pyramide, on trouve qu'il s'est écoulé 4484 ans entre cette construction et la naissance de Jésus-Christ, résultat qui diffère fort peu des 4500 que fournit la légende de la pyramide.

» Cette légende offre deux rédactions qui présentent le même sens, sous des emblèmes différents.

» Légende du cartouche Schoufou : « Moi, Horus épervier, dont le » trône est près des Eaux saintes, j'opère le lever de la Lyre. »

» Légende du cartouche d'Ano-Schoufou : « Moi, Soleil dont les rayons » sont perpendiculaires, dominateur de la région supérieure, j'opère le » lever de l'étoile brillante de la Lyre. »

» Dans une variante de cette légende, il est dit que le lever de la Lyre se fait *dans la contrée de pureté*, c'est-à-dire au milieu du jour et dans le ciel éclairé par le Soleil.

» Ces variantes de la même devise qui accompagnent deux cartouches différents, et surtout, comme on le verra plus loin, les modifications que subit le signe capital de la phrase hiéroglyphique, ne permettent pas de douter que nous n'ayons sous les yeux *le premier jet* et *les premières études du thème sacerdotal* de la légende dédicatoire qui devait être plus tard inscrite sur la pyramide et qui a été retrouvée et lue, comme il a été dit plus haut, sous le règne du calife Almamoun, l'an 225 de l'hégire.

» On remarque d'abord que, dans les huit transcriptions du texte tracé sur les parois des chambres, le cadre qui constitue *la formule hiératique*, c'est-à-dire, 1° les deux emblèmes solstitiaux; 2° les deux signes qui expriment l'action transitive, *faire lever*, et 3° la disposition grammaticale qui place la Lyre et son déterminatif entre les deux membres verbaux, ne subissent aucune modification; tandis que le mot d'*intercallation*, l'étoile dont le lever était observé, n'est pas reproduit deux fois de la même

manière, et s'exprime tantôt par *la Lyre théorbe vue de profil*, et *renversée* comme la constellation elle-même; tantôt par *la Lyre à carapace de tortue;* tantôt par *la Lyre grecque à branches évasées*, etc.

» Une autre particularité, qui s'explique par ce qui vient d'être dit, n'est pas moins digne de remarque : le *seul signe tracé isolément* sur les parois des chambres est celui de la Lyre, comme si l'hiérogrammate avait cherché par plusieurs tâtonnements le déterminatif astronomique le plus convenable : elle est, en effet, représentée avec trois variantes dans le sens de la *Lyre céleste, appartenant à la huitième sphère.* On la trouve encore comme le symbole de la plus belle étoile de la constellation; ce que le scribe sacré a clairement indiqué par les *cinq barrettes* qui accompagnent la figure, et l'on sait, d'après Horapollon, que l'on exprimait *une étoile* par le *nombre cinq*.

» Le déterminatif astronomique de la Lyre qui paraît avoir été adopté définitivement, puisqu'il se trouve répété huit fois dans le texte de la légende d'Ano-Schoufou, est, comme je l'ai découvert, l'embleme hiéroglyphique par lequel on désignait celui des Ptolémées que l'on surnommait *Épiphanès,* c'est-à-dire l'illustre, le brillant, l'éclatant (inscription d'Edfou). Ce symbole me paraît être une bannière ou plutôt une de ces lanternes que l'on portait à Saïs dans la fête des Lampes.

» Une circonstance qui se rattache à ces inscriptions, peut jeter quelque lumière sur l'époque où s'était faite la cérémonie de la dédicace du monument.

» Le colonel Wyse nous apprend que ces inscriptions n'avaient pas été tracées dans le lieu qu'elles devaient occuper, mais qu'elles étaient dispersées sans ordre sur les blocs calcaires qui formaient les parois des chambres: ces inscriptions avaient été dessinées avant que les pierres ne fussent en place et lorsque ces pierres étaient encore dans le chantier. Il me paraît dès-lors évident que l'on ne s'était occupé sérieusement de la rédaction de la légende dédicatoire que lorsque les assises de la pyramide avaient été élevées à la hauteur de la chambre du Mort, vers le centre de gravité de la pyramide et au quart de l'élévation totale qu'elle devait avoir. Il est dès-lors probable que l'on trouverait cette légende gravée au-dessus de la clé du plafond de granite qui sert de voûte de décharge. L'inscription dédicatoire aurait ainsi été soustraite à la vue par le même motif qui avait fait graver, sous la base même des obélisques, le cartouche du monarque qui les faisait ériger. »

PHYSIOLOGIE. — *Nouvelle théorie de la respiration; par* M. **Romanowski.**

(Commissaires, MM. Becquerel, Breschet, Pouillet.)

M. **Audouin** est invité à faire un rapport verbal sur l'ouvrage de M. **Ratzeburg** concernant les *insectes destructeurs des forêts*, ouvrage écrit en allemand, et dont le 2e volume a été présenté à la précédente séance (voir au *Bulletin bibliographique*, page 564).

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Intérieur** demande communication d'un rapport qui, en 1808, a dû être fait par une Commission de l'Académie des Sciences, sur un projet de télégraphe de nuit.

M. **Limouzin-Lamothe**, qui se présente comme candidat pour la place de correspondant, vacante dans la section d'Économie rurale, et qui avait précédemment transmis une Notice sur ses travaux, adresse aujourd'hui un supplément à cette Notice.

Sa nouvelle lettre sera renvoyée, comme l'a été la première, à la section d'Économie rurale, chargée de présenter une liste de candidats pour la place vacante.

M. **Talbot** écrit que long-temps avant la communication qui a été faite à l'Académie, au mois de juin dernier, sur l'emploi des procédés photographiques pour enregistrer les indications des instruments de météorologie, M. Jordan, secrétaire de la Société Polytechnique de Cornouailles, s'était occupé de la même question, avait exécuté l'appareil nécessaire, et obtenu des résultats satisfaisants.

A l'appui de cette réclamation, M. Talbot adresse un extrait des Mémoires de la Société, où se trouvent des détails sur le procédé de M. Jordan, la figure de son appareil, et la date des communications qu'il a faites à ce sujet (voir au *Bulletin bibliographique*).

M. **Biot**, il y a quelques mois, avait mis sous les yeux de l'Académie plusieurs *dessins photographiques sur papier*, qui lui avaient été adressés par M. *Talbot;* c'est par erreur qu'il n'a pas été fait mention de cette présentation dans le *Compte rendu* de la séance à laquelle ils ont été présentés.

M. **Schlesinger** demande à reprendre divers documents qu'il avait adressés, relativement aux résultats d'une méthode qui lui est propre pour le traitement de certaines affections des yeux.

La Note qui accompagnait ces pièces n'ayant pas été l'objet d'un rapport, M. Schlesinger est autorisé à les reprendre au secrétariat.

M. **Darlu**, à l'occasion d'une communication récente de M. de Tessan, sur la gravitation universelle considérée comme dépendant des propriétés de l'éther, rappelle qu'il a adressé, l'année dernière, une Note dans laquelle il traitait la même question, et annonce l'envoi prochain d'un travail plus étendu sur ce sujet.

La Commission qui fut nommée alors, étant devenue incomplète par la mort de M. Poisson, le Mémoire de M. Darlu est renvoyé à la Commission nommée pour le Mémoire de M. de Tessan, à laquelle M. Coriolis est adjoint.

M. **Payen** adresse un *paquet cacheté* portant pour suscription : Disposition organique des feuilles automnales; causes de la panachure des feuilles et de la décrépitation au feu des feuilles de l'*Aucuba japonica;* sécrétion d'une substance soluble dans un tissu spécial.

L'Académie en accepte le dépôt.

L'Académie accepte également le dépôt d'un *paquet cacheté* adressé par M. **J. Ravel**.

A quatre heures et demie l'Académie se forme en comité secret.

La séance est levée à 5 heures. F.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

L'Academie a reçu dans cette séance les ouvrages dont voici les titres :

Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie royale des Sciences; 2e semestre 1840, n° 13, in-4°.

Annales de Chimie et de Physique; par MM. GAY-LUSSAC, ARAGO, CHEVREUL, SAVARY, DUMAS, PELOUZE, BOUSSINGAULT et REGNAULT; juin 1840; in-8°.

Annales de la Société Royale d'Horticulture de Paris, n° 155, in-8°.

Voyage industriel en Angleterre, en Irlande et en Écosse; par M. F. PREISSER; in-8°.

Recueil de la Société polytechnique; août 1840, in-8°.

Mémoire descriptif d'un nouveau système d'Essieux brisés, applicables à toute espèce de voitures; par M. J.-B.-F. CONSTANT; in-4°.

Journal des Connaissances nécessaires et indispensables; octobre 1840, in-8°.

Journal de Chimie médicale, de Pharmacie, de Toxicologie; octobre 1840, in-8°.

Bibliothèque universelle de Genève; août 1840, in-8°.

Deuxième Mémoire sur les variations annuelles de la température de la terre à différentes profondeurs; par M. QUETELET; Bruxelles, 1840, in-4°.

Second Mémoire sur le Magnétisme en Italie; par le même, in-4°.

The Transactions... *Transactions de la Société Linnéenne de Londres*, vol. 18, partie 3e, 1840, in-4°.

Proceedings.... *Procès-Verbaux de la Société Linnéenne de Londres; feuilles* 1 à 7, 6 novembre 1838 *au* 17 mars 1840, in-8°.

The new system... *Nouveau système d'Agriculture, application de machine à faire le vide pour la culture et pour les transports sur routes ordinaires, chemins de fer et canaux; par* M. H. PINKUS.— Londres, 1840, in-8°. (M. Séguier est chargé d'en rendre un compte verbal.)

On a new... *Sur un nouveau moyen d'enregistrer les indications des instruments de météorologie; par* M. JORDAN. (Adressé par M. Talbot à

l'appui d'une réclamation de priorité concernant l'application de la photographie à la Météorologie.) 1 feuille d'impression in-8°.

Astronomische Nachrichten ... 17° livraison, table et titre.

Gazette des Hôpitaux; n° 115—117.

Gazette médicale de Paris; tome 8, n° 40.

L'Expérience, Journal de Médecine, n° 170; in-8°.

COMPTE RENDU

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 12 OCTOBRE 1840.

PRÉSIDENCE DE M. PONCELET.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Mémoire sur la variation des éléments elliptiques dans le mouvement des planètes; par* M. AUGUSTIN CAUCHY.

§ I[er]. *Considérations générales.*

« Adoptons les mêmes notations que dans les Mémoires précédents, et soient en conséquence

M la masse du Soleil,

m, m', m'',... celles des planètes.

» Soient de plus, au bout du temps t,

r, r', r'',... les distances des planètes au Soleil;

ι,... les distances de la planète m, aux planètes m',...;

δ,... les distances apparentes de la planète m aux planètes m',...., vues du centre du Soleil.

» La fonction perturbatrice R relative à la planète m sera

$$R = \frac{m'r}{r'^2}\cos\delta + \ldots - \frac{m'}{\iota} - \ldots,$$

la valeur de $\imath$ étant

$$\imath = (r^2 - 2rr'\cos\delta + r'^2).$$

Nommons d'ailleurs $\mathcal{R}$ ce que devient R au bout du temps θ; et soient à cet instant

$$\Omega,\ \mathrm{K},\ \mathrm{W},\ \tau,\ \varpi,\ \varphi,$$

les éléments elliptiques de la planète m, Ω désignant la moitié du carré de la vitesse correspondante à l'une des extrémités du petit axe de l'ellipse décrite, K le moment linéaire de la vitesse, W la projection de ce moment linéaire sur un axe perpendiculaire au plan fixe, τ l'époque du passage de la planète par le périhélie, ϖ la longitude du périhélie, et φ l'angle formé par la ligne des nœuds avec un axe fixe. Ces éléments se trouveront liés au grand axe $2a$ et à l'excentricité ϵ par les formules

$$\Omega = \frac{\mathfrak{M}}{2a}, \quad \mathrm{K}^2 = \mathfrak{M}a(1-\epsilon^2),$$

dans lesquelles on a

$$\mathfrak{M} = \mathrm{M} + m;$$

et si l'on pose, pour abréger,

$$c = \left(\frac{\mathfrak{M}}{a^3}\right)^{\frac{1}{2}},$$

$$T = c(t-\tau), \quad \Theta = c(\theta - \tau),$$

si d'ailleurs, en passant de la planète m à la planète m',... on se contente d'accentuer toutes les lettres à l'exception de t et θ, on trouvera

$$(1) \qquad \mathcal{R} = \sum (m, m')_{n,n'}\, e^{(n\Theta + n'\Theta')\sqrt{-1}},$$

le signe $\sum$ s'étendant d'une part à toutes les planètes m', m'',... distinctes de m, d'autre part à toutes les valeurs entières positives, nulles ou négatives de n, n', et $(m, m')_{n,n'}$ désignant un coefficient qui renfermera seulement les dix éléments elliptiques

$$\varpi,\ \varphi,\ \Omega,\ \mathrm{K},\ \mathrm{W},\quad \varpi',\ \varphi',\ \Omega',\ \mathrm{K}',\ \mathrm{W}'.$$

Ajoutons que les éléments elliptiques

$$\tau,\ \varpi,\ \varphi,\ \Omega,\ \mathrm{K},\ \mathrm{W},\ldots$$

considérés comme fonction de θ, vérifieront, pour chaque planète, six équations différentielles de la forme

$$(2)\quad \left\{ \begin{array}{lll} \mathrm{D}_\theta \tau = \mathrm{D}_\Omega \mathfrak{R}, & \mathrm{D}_\theta \varpi = \mathrm{D}_\mathrm{K} \mathfrak{R}, & \mathrm{D}_\theta \varphi = \mathrm{D}_\mathrm{W} \mathfrak{R}, \\ \mathrm{D}_\theta \Omega = -\mathrm{D}_\tau \mathfrak{R}, & \mathrm{D}_\theta \mathrm{K} = -\mathrm{D}_\varpi \mathfrak{R}, & \mathrm{D}_\theta \mathrm{W} = -\mathrm{D}_\varphi \mathfrak{R}. \end{array} \right.$$

» Soit maintenant

$$\varsigma = \mathrm{f}(\tau,\ \varpi,\ \varphi,\ \Omega,\ \mathrm{K},\ \mathrm{W},\ldots),$$

une fonction donnée des éléments elliptiques relatifs aux diverses planètes, et nommons

$$\tau_t,\ \varpi_t,\ \varphi_t,\ \Omega_t,\ \mathrm{K}_t,\ \mathrm{W}_t,\ldots\quad s = \mathrm{f}(\tau_t,\ \varpi_t,\ \varphi_t,\ \Omega_t,\ \mathrm{K}_t,\ \mathrm{W}_t,\ldots)$$

ce que deviennent, au bout du temps t, les quantités

$$\tau,\ \varpi,\ \varphi,\ \Omega,\ \mathrm{K},\ \mathrm{W},\ldots\ \varsigma.$$

Enfin concevons que, $\mathfrak{P}$, $\mathfrak{Q}$ étant deux fonctions quelconques de

$$\tau,\ \varpi,\ \varphi,\ \Omega,\ \mathrm{K},\ \mathrm{W},\ \tau',\ \varpi',\ldots,$$

on pose, pour abréger,

$$[\mathfrak{P},\ \mathfrak{Q}] =$$
$$\mathrm{D}_\Omega \mathfrak{P} \mathrm{D}_\tau \mathfrak{Q} - \mathrm{D}_\tau \mathfrak{P} \mathrm{D}_\Omega \mathfrak{Q} + \mathrm{D}_\mathrm{K} \mathfrak{P} \mathrm{D}_\varpi \mathfrak{Q} - \mathrm{D}_\varpi \mathfrak{P} \mathrm{D}_\mathrm{K} \mathfrak{Q} + \mathrm{D}_\mathrm{W} \mathfrak{P} \mathrm{D}_\varphi \mathfrak{Q} - \mathrm{D}_\varphi \mathfrak{P} \mathrm{D}_\mathrm{W} \mathfrak{Q},$$
$$[\mathfrak{P},\ \mathfrak{Q}]' =$$
$$\mathrm{D}_{\Omega'} \mathfrak{P} \mathrm{D}_{\tau'} \mathfrak{Q} - \mathrm{D}_{\tau'} \mathfrak{P} \mathrm{D}_{\Omega'} \mathfrak{Q} + \mathrm{D}_{\mathrm{K}'} \mathfrak{P} \mathrm{D}_{\varpi'} \mathfrak{Q} - \mathrm{D}_{\varpi'} \mathfrak{P} \mathrm{D}_{\mathrm{K}'} \mathfrak{Q} + \mathrm{D}_{\mathrm{W}'} \mathfrak{P} \mathrm{D}_{\varphi'} \mathfrak{Q} - \mathrm{D}_{\varphi'} \mathfrak{P} \mathrm{D}_{\mathrm{W}'} \mathfrak{Q},$$
etc.,

et

$$\square \mathfrak{Q} = [\mathfrak{R},\ \mathfrak{Q}] + [\mathfrak{R}',\ \mathfrak{Q}]' + \cdots$$

Si l'on considère

$$\tau_t,\ \varpi_t,\ \varphi_t,\ \Omega_t,\ \mathrm{K}_t,\ \mathrm{W}_t,\ \tau'_t,\ \varpi'_t,\ldots$$

et par suite la variable s, comme des fonctions de

$$\tau,\ \varpi,\ \varphi,\ \Omega,\ \mathrm{K},\ \mathrm{W},\ \tau',\ \varpi',\ldots\ \theta \text{ et } t,$$

cette variable devra vérifier l'équation aux dérivées partielles

$$(3)\qquad (D_\theta + \square) s = 0;$$

et, si l'on pose dans cette équation

$$(4)\qquad s = \varsigma + \varsigma_{,} + \varsigma_{,,} + \ldots,$$

il suffira d'assujétir $\varsigma_{,}, \varsigma_{,,}, \ldots$ à la double condition de vérifier les formules

$$D_\theta \varsigma_{,} = - \square \varsigma, \quad D_\theta \varsigma_{,,} = - \square \varsigma_{,}, \ldots$$

et de s'évanouir avec $\theta - t$; par conséquent, il suffira de prendre

$$(5)\qquad \varsigma_{,} = - \int_t^\theta \square \varsigma d\theta, \quad \varsigma_{,,} = - \int_t^\theta \square \varsigma_{,} d\theta, \ldots \text{ etc.}$$

D'autre part, si l'on considère comme très petites du premier ordre les masses m, m',... des planètes, comparées à la masse M du Soleil, il est clair que les quantités

$$\varsigma_{,}, \varsigma_{,,}, \ldots$$

déterminées par les formules (5), seront généralement, la première du premier ordre, la seconde du second ordre,... On pourra donc dire que la quantité ς, propre à représenter ou l'un quelconque des éléments elliptiques, ou une fonction quelconque de ces éléments, a pour variation du premier ordre la quantité $\varsigma_{,}$, pour variation du second ordre la quantité $\varsigma_{,,}$, etc.

§ II. *Sur les variations du premier ordre des éléments elliptiques et d'une fonction quelconque de ces éléments.*

» La variation du premier ordre de l'un quelconque des éléments elliptiques, ou d'une fonction ς de ces éléments, se trouve généralement déterminée par la première des équations (5) du § Ier. Si l'on suppose en particulier que ς se réduise à l'un des éléments elliptiques de la planète m, ou à une fonction de ces seuls éléments, on aura

$$\square \varsigma = [\mathfrak{R}, \varsigma] = - [\varsigma, \mathfrak{R}],$$

et l'équation dont il s'agit deviendra

$$(1)\qquad \varsigma_{,} = \int_t^\theta [\varsigma, \mathfrak{R}]\,d\theta.$$

Si, dans cette dernière formule, on remplace successivement la lettre ς par chacune des suivantes

$$\Omega,\ \mathrm{K},\ \mathrm{W},\ \tau,\ \varpi,\ \varphi,$$

on retrouvera les six équations

$$(2)\quad \begin{cases} \Omega_{,} = \mathrm{D}_\tau \int_t^\theta \mathfrak{R}\,d\theta, & \mathrm{K}_{,} = \mathrm{D}_\varpi \int_t^\theta \mathfrak{R}\,d\theta, \quad \mathrm{W}_{,} = \mathrm{D}_\varphi \int_t^\theta \mathfrak{R}\,d\theta, \\ \tau_{,} = -\mathrm{D}_\Omega \int_t^\theta \mathfrak{R}\,d\theta, & \varpi_{,} = -\mathrm{D}_\mathrm{K} \int_t^\theta \mathfrak{R}\,d\theta, \quad \varphi_{,} = -\mathrm{D}_\mathrm{W} \int_t^\theta \mathfrak{R}\,d\theta, \end{cases}$$

qui déterminent les variations du premier ordre

$$\Omega_{,};\ \mathrm{K}_{,},\ \mathrm{W}_{,},\ \tau_{,},\ \varpi_{,},\ \varphi_{,},$$

des six éléments elliptiques relatifs à la planète m.

» Il est facile d'obtenir la valeur de l'intégrale que renferment les équations (2). On tire en effet de la formule (1) du § I^{er}

$$(3)\qquad \int_t^\theta \mathfrak{R}\,d\theta = \sum \mathfrak{S}\mathfrak{P},$$

les valeurs de $\mathfrak{S}$ et de $\mathfrak{P}$ étant

$$(4)\ \mathfrak{S} = \frac{(m,\ m')_{n,\,n'}}{(nc + n'c')\sqrt{-1}}\, e^{-(nc\tau + n'c'\tau')\sqrt{-1}},\quad \mathfrak{P} = e^{(nc+n'c')\theta\sqrt{-1}} - e^{(nc+n'c')t\sqrt{-1}}.$$

Si d'ailleurs on substitue la valeur précédente de l'intégrale

$$\int_t^\theta \mathfrak{R}\,d\theta$$

dans les formules (2), on verra chacune des quantités

$$\Omega_{,},\ \mathrm{K}_{,},\ \mathrm{W}_{,},\ \varpi_{,},\ \varphi_{,},$$

se réduire à la forme

$$\Sigma \mathcal{A}\mathcal{P},$$

$\mathcal{A}$ étant ainsi que $\mathcal{C}$ indépendant de θ et de t; mais la quantité $\tau_{,}$ sera de la forme

$$\Sigma \mathcal{A}\mathcal{P} + \Sigma \mathcal{A}'\mathcal{P}',$$

la valeur de $\mathcal{P}'$ étant

$$(5) \qquad \mathcal{P}' = \theta e^{(nc+n'c')\theta\sqrt{-1}} - t e^{(nc+n'c')t\sqrt{-1}}.$$

On arriverait encore à des conclusions analogues de la manière suivante.

» On tire des formules (1) et (3)

$$(6) \qquad \varsigma_{,} = \left[\varsigma, \int_{t}^{\theta} \mathcal{R}\, d\theta\right] = \sum [\varsigma, \mathcal{C}\mathcal{P}].$$

D'autre part, comme, en indiquant à l'aide de la lettre caractéristique D une dérivée relative à un élément quelconque, on a

$$D(\mathcal{C}\mathcal{P}) = \mathcal{C}D\mathcal{P} + \mathcal{P}D\mathcal{C},$$

on en conclut

$$[\varsigma, \mathcal{C}\mathcal{P}] = [\varsigma, \mathcal{C}]\mathcal{P} + [\varsigma, \mathcal{P}]\mathcal{C}.$$

D'ailleurs, dans les formules (4), $\mathcal{P}$, considéré comme une fonction des éléments elliptiques relatifs à la planète m, dépend uniquement de Ω qui entre dans c. On aura donc

$$[\varsigma, \mathcal{P}] = -D_{\tau}\varsigma\, D_{\Omega}\mathcal{P} = -n\mathcal{P}'D_{\tau}\varsigma D_{\Omega}c\sqrt{-1}.$$

Donc, en posant

$$(7) \qquad \mathcal{A} = [\varsigma, \mathcal{C}], \quad \mathcal{A}' = -n\mathcal{C}D_{\tau}\varsigma\, D_{\Omega}\, c\sqrt{-1},$$

on trouvera

$$[\varsigma, \mathcal{C}\mathcal{P}] = \mathcal{A}\mathcal{P} + \mathcal{A}'\mathcal{P}',$$

et la formule (6) donnera généralement

$$(8) \qquad \varsigma_{,} = \Sigma \mathcal{A}\mathcal{P} + \Sigma \mathcal{A}'\mathcal{P}'.$$

» Si la fonction ς ne renferme pas l'élément τ', $\mathcal{A}'$ s'évanouira en vertu des formules (7), et la formule (8) sera réduite à

(9) $$\varsigma_{,} = \Sigma \mathcal{A}\mathcal{P}.$$

Ainsi par exemple, si l'on prend $\varsigma = \Omega$, on trouvera

$$\Omega_{,} = \Sigma \mathcal{A}\mathcal{P},$$

la valeur de $\mathcal{A}$ étant

$$\mathcal{A} = [\Omega, \mathcal{E}] = D_{\tau}\mathcal{E},$$

ou, ce qui revient au même,

(10) $$\mathcal{A} = -\frac{nc}{nc + n'c'}(m, m')_{n, n'}.$$

Mais lorsque ς renfermera τ, $\mathcal{A}'$ cessera de s'évanouir; et si, pour fixer les idées, on prend $\varsigma = \tau$, les formules (7) donneront

(11) $$\mathcal{A} = [\tau, \mathcal{E}] = -D_{\Omega}\mathcal{E}, \quad \mathcal{A}' = -n\mathcal{E}D_{\Omega}c\sqrt{-1}.$$

» Observons maintenant que, dans le développement de $\mathcal{R}$, le terme général représenté par l'expression

(12) $$(m, m')_{n, n'} e^{(n\Theta + n\Theta')\sqrt{-1}},$$

ou, ce qui revient au même, par le produit

$$(m, m')_{n, n'} [\cos(n\Theta + n'\Theta') + \sqrt{-1}\sin(n\Theta + n'\Theta')],$$

sera une fonction périodique de θ, si l'argument

$$n\Theta + n'\Theta' = (nc + n'c')\theta - nc\tau - n'c'\tau'$$

ne devient pas indépendant de θ, c'est-à-dire si la condition

(13) $$nc + n'c' = 0$$

n'est pas remplie. Si d'ailleurs les coefficients

$$c, c', c'', \ldots$$

sont ce qu'on appelle *incommensurables entre eux*, c'est-à-dire, s'ils ne peuvent vérifier aucune équation de la forme

$$nc + n'c' + n''c'' + \ldots = 0,$$

dans laquelle n, n', n'', ... représentent des quantités entières qui ne se réduisent pas toutes à zéro, on ne pourra satisfaire à la condition (13) qu'en posant

$$(14) \qquad n = 0, \quad n' = 0.$$

Donc alors le produit

$$(m, m')_{n, n'} e^{(n\Theta + n'\Theta')\sqrt{-1}}$$

sera une fonction périodique de θ, quand il ne se réduira pas à

$$(15) \qquad (m, m')_{0, 0}.$$

Il y a plus : on pourra en dire autant de la fonction $\mathfrak{P}$ et du produit $\Theta\mathfrak{P}$, qui seront des fonctions périodiques de θ et même de t, à moins que l'on n'ait $n = 0$, $n' = 0$. Mais si n, n' s'évanouissent, alors, le produit (12) étant réduit à la forme (15), le produit $\Theta\mathfrak{P}$ deviendra

$$(16) \qquad \int_t^\theta (m, m')_{0,0} d\theta = (\theta - t)(m, m')_{0,0},$$

et représentera dans le développement de l'intégrale

$$\int_t^\theta \mathfrak{R} d\theta$$

un terme *séculaire*, c'est-à-dire proportionnel à $t - \theta$.

» Soit maintenant s la somme des termes indépendants de θ dans le développement de $\mathfrak{R}$. On aura évidemment

$$(17) \qquad s = \sum (m, m')_{0,0} = (m, m')_{0,0} + (m, m'')_{0,0} + \ldots,$$

et la partie séculaire de l'intégrale

$$\int_t^\theta \mathfrak{R} d\theta$$

sera

(18) $$\int_t^\theta s\,d\theta = s(\theta - t).$$

» Cela posé, concevons que, dans la variable s, on désigne par $\bar{s}$ la partie *séculaire*, c'est-à-dire la somme des termes proportionnels à $t-\theta$, ou à des puissances de $t-\theta$. Soient de même

$$\bar{\varsigma}_{\prime},\ \bar{\varsigma}_{\prime\prime},\ \ldots$$

les parties séculaires de $\varsigma_{\prime}$, $\varsigma_{\prime\prime}$, ... ou ce qu'on peut appeler les *variations séculaires des divers ordres* de la fonction s, et

$$\begin{array}{l}\bar{\Omega}_{\prime},\ \bar{K}_{\prime},\ \bar{W}_{\prime},\ \bar{\tau}_{\prime},\ \bar{\varpi}_{\prime},\ \bar{\varphi}_{\prime},\ \ldots\\ \bar{\Omega}_{\prime\prime},\ \bar{K}_{\prime\prime},\ \bar{W}_{\prime\prime},\ \bar{\tau}_{\prime\prime},\ \bar{\varpi}_{\prime\prime},\ \bar{\varphi}_{\prime\prime},\ \ldots\\ \text{etc.},\end{array}$$

les parties séculaires des quantités

$$\begin{array}{l}\Omega_{\prime},\ K_{\prime},\ W_{\prime},\ \tau_{\prime},\ \varpi_{\prime},\ \varphi_{\prime},\ \ldots\\ \Omega_{\prime\prime},\ K_{\prime\prime},\ W_{\prime\prime},\ \tau_{\prime\prime},\ \varpi_{\prime\prime},\ \varphi_{\prime\prime},\ \ldots\\ \text{etc.},\end{array}$$

ou ce qu'on peut appeler les *variations séculaires des divers ordres* des éléments elliptiques. Si ς ne renferme pas τ, on aura, en vertu de la formule (1),

$$\bar{\varsigma}_{\prime} = \int_t^\theta [\varsigma, s]\,d\theta,$$

par conséquent

(19) $$\varsigma_{\prime} = [\varsigma, s](\theta - t).$$

Mais si ς renferme τ, alors, en vertu de l'équation (8), jointe à la formule (5), on devra, pour obtenir la partie séculaire de $\varsigma_{\prime}$, ajouter au second membre de la formule (19) la partie séculaire de la somme

$$\Sigma\, \mathcal{A}'\mathfrak{P}',$$

savoir

$$\sum \mathcal{A}'(\theta - t)e^{(nc + n'c')t\sqrt{-1}}.$$

On aura donc alors

$$(20) \qquad \bar{\varsigma}_{,} = (\theta - t)[\varsigma, s] + (\theta - t)\sum \mathcal{A}' e^{(nc + n'c')t\sqrt{-1}}.$$

Si, dans la formule (19), on remplace successivement ς par chacune des lettres Ω, K, W, ϖ, φ, on obtiendra les équations

$$(21) \qquad \begin{cases} \bar{\Omega}_{,} = 0, \quad \bar{K}_{,} = (\theta - t)D_{\varpi}s, \quad \bar{W}_{,} = (\theta - t)D_{\varphi}s, \\ \qquad\qquad \bar{\varpi}_{,} = (t - \theta)D_{K}s, \quad \bar{\varphi}_{,} = (t - \theta)D_{W}s, \end{cases}$$

dont la première reproduit le théorème cité dans le précédent numéro. Si, au contraire, on prend $\varsigma = \tau$, la formule (20) donnera

$$(22) \qquad \tau_{,} = (t - \theta)D_{\Omega}s + (t - \theta)D_{\Omega}c\sqrt{-1}\sum n\mathfrak{S} e^{(nc + n'c')t\sqrt{-1}}.$$

» Il est important d'observer, 1° que dans la formule (20) ou (22) le coefficient $\mathcal{A}'$ ou $n\mathfrak{S}$ de l'exponentielle

$$e^{(nc + n'c')t\sqrt{-1}}$$

s'évanouit avec n, 2° que, pour des valeurs de n différentes de zéro, cette même exponentielle est une fonction périodique de t. Donc chaque terme qui correspond à une semblable exponentielle, c'est-à-dire, chaque terme de la forme

$$\mathcal{A}' e^{(nc + n'c')t\sqrt{-1}}(\theta - t), \quad \text{ou de la forme} \quad n\mathfrak{S} e^{(nc + n'c')t\sqrt{-1}}(t - \theta),$$

est un terme tout à la fois séculaire et périodique, qui change périodiquement de signe, pour des accroissements du produit $(nc + n'c')t$ respectivement égaux aux divers multiples de π, tandis que sa valeur numérique maximum croît proportionnellement à $t - \theta$.

» Ainsi, dans la valeur de $\varsigma_{,}$, et par suite dans les variations des divers ordres des éléments elliptiques ou d'une fonction de ces éléments, il existe généralement des termes à la fois séculaires et périodiques, et d'autres termes purement séculaires. Si, pour désigner la somme de ces derniers

termes, on double le trait placé au-dessus des lettres, et par lequel nous indiquons les variations séculaires, on tirera de la formule (20)

$$(23) \qquad \overline{\overline{\varsigma}}_{,} = (\theta - t)\,[\varsigma,\ 8].$$

En vertu de cette dernière équation, les valeurs de

$$\overline{\overline{\Omega}}_{,},\quad \overline{\overline{\mathrm{K}}}_{,},\quad \overline{\overline{\mathrm{W}}}_{,},\quad \overline{\overline{\varpi}}_{,},\quad \overline{\overline{\varphi}}_{,},$$

ne différeront pas de celles de

$$\overline{\Omega}_{,},\quad \overline{\mathrm{K}}_{,},\quad \overline{\mathrm{W}}_{,},\quad \overline{\varpi}_{,},\quad \overline{\varphi}_{,};$$

et l'on aura de plus

$$(24) \qquad \overline{\tau}_{,} = (t - \theta)\,\mathrm{D}_{\Omega} 8.$$

§ III. *Sur les variations du second ordre des éléments elliptiques, et d'une fonction quelconque de ces éléments.*

» La variation du second ordre de l'un quelconque des éléments elliptiques ou d'une fonction quelconque ς de ces éléments se trouve généralement déterminée par la seconde des équations (5) du § Ier. Comme d'ailleurs, en vertu de la définition de la fonction $\square\varsigma_{,}$, on aura

$$\square\varsigma_{,} = [\mathfrak{R},\ \varsigma_{,}] + [\mathfrak{R}',\ \varsigma_{,}]' + \ldots,$$

l'équation dont il s'agit donnera

$$(1) \qquad \varsigma_{,,} = \int_{t}^{\theta} [\varsigma_{,},\ \mathfrak{R}]\,d\theta + \int_{t}^{\theta} [\varsigma_{,},\ \mathfrak{R}']'\,d\theta + \ldots$$

Dans cette dernière formule, la première intégrale

$$\int_{t}^{\theta} [\varsigma_{,},\ \mathfrak{R}]\,d\theta$$

représente la partie de $\varsigma_{,,}$ qui provient de la variation des éléments de

la planète m; au contraire, la seconde intégrale

$$\int_t^\theta [\varsigma_{,}, \mathcal{R}']' \, d\theta$$

représente la partie qui provient de la variation des éléments de la planète m', etc. Calculons successivement ces diverses parties, en supposant, comme dans le § II, que ς représente ou l'un des éléments elliptiques de la planète m, ou une fonction de ces seuls éléments.

» Si d'abord on considère le cas où ς est indépendant de τ, la valeur de $\varsigma_{,}$ sera, comme on l'a vu, fournie par l'équation

$$(2) \qquad \varsigma_{,} = \Sigma \mathcal{A} \mathcal{P},$$

dans laquelle on aura

$$(3) \qquad \mathcal{A} = [\varsigma, \mathcal{E}], \quad \mathcal{P} = e^{(nc+n'c')\theta\sqrt{-1}} - e^{(nc+n'c')t\sqrt{-1}},$$

la valeur de $\mathcal{E}$ étant

$$(4) \qquad \mathcal{E} = \frac{(m, m')_{n, n'}}{(nc + n'c')\sqrt{-1}} \, e^{(nc\tau + n'c'\tau')\sqrt{-1}}.$$

De plus, on tirera de la formule (1) du § Ier

$$(5) \qquad \mathcal{R} = \Sigma \mathcal{N} \mathcal{Q},$$

les valeurs de $\mathcal{N}$, $\mathcal{Q}$ étant

$$(6) \qquad \mathcal{N} = (m, m')_{l, l'} \, e^{-(lc\tau + l'c'\tau')\sqrt{-1}}, \quad \mathcal{Q} = e^{(lc+l'c')\theta\sqrt{-1}},$$

ou bien encore

$$(7) \qquad \mathcal{N} = (m, m'')_{l, l''} \, e^{-(lc\tau + l''c''\tau'')\sqrt{-1}}, \quad \mathcal{Q} = e^{(lc+l''c'')\theta\sqrt{-1}},$$

etc.

Nous avons ici, à dessein, remplacé les quantités n, n' ou m', n, n', déjà contenues dans la formule (4), par d'autres quantités l, l' ou m'', l, l'',... qui peuvent différer des premières, attendu que ces quantités varient

quand on passe d'un terme à un autre terme dans la valeur de $\varsigma_{,}$ ou de $\mathfrak{A}$, et que les divers termes du développement de $\varsigma_{,}$ doivent être successivement combinés avec les divers termes du développement de $\mathfrak{A}$.

» En vertu des formules (2) et (5), on aura évidemment

$$(8)\qquad \int_t^\theta [\varsigma_{,}, \mathfrak{A}]\, d\theta = \sum \int_t^\theta [\mathcal{A}\mathcal{P}, \mathcal{B}\mathcal{Q}]\, d\theta.$$

D'autre part $\mathcal{P}$, $\mathcal{Q}$, considérés comme fonctions des éléments elliptiques relatifs à la planète m, dépendent seulement de Ω renfermé dans c : on a donc

$$[\mathcal{P}, \mathcal{Q}] = 0,$$

et par suite

$$\begin{aligned}[\mathcal{A}\mathcal{P}, \mathcal{B}\mathcal{Q}] &= [\mathcal{A}, \mathcal{B}]\,\mathcal{P}\mathcal{Q} + \mathcal{A}\mathcal{Q}\,[\mathcal{B}, \mathcal{P}] + \mathcal{B}\mathcal{P}\,[\mathcal{A}, \mathcal{Q}] \\ &= [\mathcal{A}, \mathcal{B}]\,\mathcal{P}\mathcal{Q} + \mathcal{A}\mathcal{Q}\,D_\tau \mathcal{B}\, D_\Omega \mathcal{P} - \mathcal{B}\mathcal{P}\, D_\tau \mathcal{A}\, D_\Omega \mathcal{Q},\end{aligned}$$

Ce n'est pas tout : $\mathcal{A}$ et $\mathcal{B}$, considérés comme fonctions de τ, sont respectivement proportionnels aux deux exponentielles

$$e^{-nc\tau\sqrt{-1}}, \qquad e^{-lc\tau\sqrt{-1}};$$

et, puisqu'on obtient les dérivées de ces exponentielles par rapport à τ, en les multipliant par

$$-nc\sqrt{-1} \text{ ou } -lc\sqrt{-1},$$

on en conclura

$$D_\tau \mathcal{A} = -nc\mathcal{A}\sqrt{-1}, \quad D_\tau \mathcal{B} = -lc\,\mathcal{B}\sqrt{-1}.$$

Enfin, en différentiant $\mathcal{P}$ et $\mathcal{Q}$ par rapport à Ω, on trouvera

$$D_\Omega \mathcal{Q} = l\theta\,\mathcal{Q}\, D_\Omega c\sqrt{-1},$$

et

$$D_\Omega \mathcal{P} = n\left[\theta e^{(nc+n'c')\theta\sqrt{-1}} - t e^{(nc+n'c')t\sqrt{-1}}\right] D_\Omega c\sqrt{-1}.$$

On aura donc

$$\begin{aligned}\mathcal{A}\mathcal{Q}\, D_\tau \mathcal{B}\, D_\Omega \mathcal{P} - \mathcal{B}\mathcal{P}\, D_\tau \mathcal{A}\, D_\Omega \mathcal{Q} &= c\,\mathcal{A}\mathcal{B}\,(n\mathcal{P}\, D_\Omega \mathcal{Q} - l\mathcal{Q}\, D_\Omega \mathcal{P})\sqrt{-1}, \\ n\mathcal{P}\, D_\Omega \mathcal{Q} - l\mathcal{Q}\, D_\Omega \mathcal{P} &= ln\,(t-\theta)\,\mathcal{Q}\, e^{(nc+n'c')t\sqrt{-1}}\, D_\Omega c\sqrt{-1};\end{aligned}$$

et par suite

$$[\mathcal{A}\mathcal{P}, \mathcal{B}\mathcal{Q}] = [\mathcal{A}, \mathcal{B}]\,\mathcal{P}\mathcal{Q} + ln\,\mathcal{A}\mathcal{B}c\mathrm{D}_{\Omega}c(\theta - t)\mathcal{Q}e^{(nc+n'c')t\sqrt{-1}}.$$

Donc la formule (8) donnera

$$(9)\qquad \left\{ \begin{aligned} \int_t^\theta [\varsigma_{,}, \mathcal{R}]\,d\theta = \sum [\mathcal{A}, \mathcal{B}] \int_t^\theta \mathcal{P}\mathcal{Q}\,d\theta \\ + c\mathrm{D}_{\Omega}c \sum ln\,\mathcal{A}\mathcal{B}\,e^{(nc+n'c')t\sqrt{-1}} \int_t^\theta (\theta - t)\mathcal{Q}\,d\theta. \end{aligned} \right.$$

En vertu de cette dernière formule, la partie de $\varsigma_{,,}$ qui dépend de la variation des éléments de la planète m pourra être aisément calculée. Car, eu égard aux valeurs données de $\mathcal{P}$ et $\mathcal{Q}$ [voir les formules (3), (6), (7),...], les deux intégrales

$$\int_t^\theta \mathcal{P}\mathcal{Q}\,d\theta,\quad \int_t^\theta (\theta - t)\mathcal{Q}\,d\theta,$$

sont du nombre de celles dont on obtient très facilement les valeurs.

» Considérons maintenant la partie de $\varsigma_{,,}$ qui dépend de la variation des éléments de la planète m'. Elle sera représentée par l'intégrale

$$\int_t^\theta [\varsigma_{,,}, \mathcal{R}']\,d\theta.$$

On aura d'ailleurs évidemment

$$(10)\qquad \mathcal{R}' = \Sigma\,\mathcal{B}'\mathcal{Q}',$$

les valeurs de $\mathcal{B}'$, $\mathcal{Q}'$ étant

$$(11)\qquad \mathcal{B}' = (m', m)_{l', l}\,e^{-(l'c'\varpi' + lc\varpi)\sqrt{-1}},\qquad \mathcal{Q}' = e^{(l'c' + lc)\theta\sqrt{-1}},$$

ou bien encore

$$(12)\qquad \mathcal{B}' = (m', m'')_{l', l''}\,e^{-(l'c'\varpi' + l''c''\varpi'')\sqrt{-1}},\quad \mathcal{Q}' = e^{(l'c' + l''c'')\theta\sqrt{-1}},$$

etc.

Enfin l'on tirera des formules (2) et (10),

$$(13)\qquad \int_t^\theta [\varsigma_{,},\ \mathfrak{R}']'\,d\theta = \sum \int_t^\theta [\mathfrak{A}\mathfrak{P},\ \mathfrak{B}'\mathfrak{Q}']'\,d\theta;$$

puis, en raisonnant toujours comme ci-dessus, on obtiendra, au lieu de la formule (9), la suivante

$$(14)\quad \begin{cases} \int_t^\theta [\varsigma_{,},\ \mathfrak{R}']'\,d\theta = \sum [\mathfrak{A};\ \mathfrak{B}']' \int_t^\theta \mathfrak{P}\mathfrak{Q}'d\theta \\ \qquad + c'\mathrm{D}_{\Omega'}c' \sum l'n'\mathfrak{A}\mathfrak{B}'e^{(nc+n'c')t\sqrt{-1}} \int_t^\theta (\theta-t)\mathfrak{Q}'d\theta, \end{cases}$$

à l'aide de laquelle on calculera fort aisément la partie de $\varsigma_{,,}$ qui dépend de la variation des éléments de la planète m'. Ainsi, en définitive, lorsque ς sera indépendant de τ, c'est-à-dire fonction des seuls éléments

$$\Omega,\ \mathrm{K},\ \mathrm{W},\ \varpi,\ \varphi,$$

la valeur complète de $\varsigma_{,,}$ pourra être aisément déterminée à l'aide de l'équation (1), jointe aux formules (9) et (14), la planète m' dans ces formules pouvant être l'une quelconque des planètes distinctes de m.

» Si la fonction ς renfermait l'élément τ, la valeur de $\varsigma_{,}$ serait, comme on l'a vu dans le second paragraphe, déterminée, non plus par l'équation (2), mais par la suivante

$$(15)\qquad \varsigma_{,} = \Sigma\,\mathfrak{A}\mathfrak{P} + \Sigma\,\mathfrak{A}'\mathfrak{P}',$$

les valeurs de $\mathfrak{A}'$, $\mathfrak{P}'$ étant

$$(16)\quad \mathfrak{A}' = -n\mathfrak{S}\mathrm{D}_\tau\varsigma\mathrm{D}_\Omega c\,\sqrt{-1},\qquad \mathfrak{P}' = \theta e^{(nc+n'c')\theta\sqrt{-1}} - te^{(nc+n'c')t\sqrt{-1}}.$$

Donc alors, à la place des formules (8) et (13), on obtiendrait les suivantes

$$(17)\quad \int_t^\theta [\varsigma_{,},\ \mathfrak{R}]\,d\theta = \sum \int_t^\theta [\mathfrak{A}\mathfrak{P}',\ \mathfrak{B}\mathfrak{Q}]\,d\theta + \sum \int_\theta^t [\mathfrak{A}'\mathfrak{P}',\ \mathfrak{B}\mathfrak{Q}]\,d\theta,$$

$$(18)\quad \int_t^\theta [\varsigma_{,},\ \mathfrak{R}']'d\theta = \sum \int_t^\theta [\mathfrak{A}'\mathfrak{P},\ \mathfrak{B}'\mathfrak{Q}']'\,d\theta + \sum \int_\theta^t [\mathfrak{A}'\mathfrak{P}',\ \mathfrak{B}'\mathfrak{Q}']'\,d\theta;$$

et, pour retrouver les valeurs exactes des diverses parties de $\varsigma_{,,}$, c'est-à-dire des intégrales

$$\int_t^\theta [\varsigma_{,},\ \mathfrak{R}]\,d\theta,\quad \int_t^\theta [\varsigma_{,},\ \mathfrak{R}']'\,d\theta,\ldots$$

il faudrait aux seconds membres des équations (9) et (14) ajouter respectivement les sommes

$$\sum \int_t^\theta [\mathcal{A}'\mathcal{P}',\ \mathcal{B}\mathcal{Q}]\, d\theta, \quad \sum \int_\theta^t [\mathcal{A}'\mathcal{P}',\ \mathcal{B}'\mathcal{Q}']' d\theta, \ldots$$

D'ailleurs les valeurs de ces mêmes sommes se détermineraient facilement à l'aide des formules

$$(19) \quad \left\{ \begin{aligned} \sum \int_t^\theta [\mathcal{A}'\mathcal{P}', \mathcal{B}\mathcal{Q}]\, d\theta = {} & \sum [\mathcal{A}',\ \mathcal{B}] \int_t^\theta \mathcal{P}'\mathcal{Q}\, d\theta \\ & + c\mathrm{D}_\Omega c \sum ln\, \mathcal{A}\mathcal{B}\, e^{(nc+n'c')t\sqrt{-1}}\, t \int_t^\theta (\theta - t)\mathcal{Q}\, d\theta. \end{aligned} \right.$$

$$(20) \quad \left\{ \begin{aligned} \sum \int_t^\theta [\mathcal{A}'\mathcal{P}', \mathcal{B}'\mathcal{Q}']' d\theta = {} & \sum [\mathcal{A}',\ \mathcal{B}']' \int_t^\theta \mathcal{P}'\mathcal{Q}'\, d\theta \\ & + c'\mathrm{D}_{\Omega'} c' \sum l'n' \mathcal{A}'\mathcal{B}' e^{(nc+nc')t\sqrt{-1}}\, t \int_t^\theta (\theta - t)\mathcal{Q}'\, d\theta. \end{aligned} \right.$$

qui s'établissent de la même manière que l'équation (9).

» Pour compléter la détermination de $\varsigma_\bullet$, il nous reste à donner les valeurs exactes des intégrales que renferment les seconds membres des équations (13), (14), (19) et (20). Or, en vertu de la seconde des formules (3), jointe aux formules (6) et (7) ou (11) et (12), on aura, dans l'équation (9),

$$\mathcal{Q} = e^{k\theta\sqrt{-1}}, \quad \mathcal{P}\mathcal{Q} = e^{h\theta\sqrt{-1}} - e^{(nc+n'c')t\sqrt{-1}}\, e^{k\theta\sqrt{-1}},$$

les valeurs de k, h étant

$$(21) \qquad k = lc + l'c', \quad h = (l+n)c + (l'+n')c',$$

ou

$$(22) \qquad k = lc + l''c'', \quad h = (l+n)c + l''c'' + n'c',$$

etc.;

et dans l'équation (14)

$$\mathcal{Q}' = e^{k'\theta\sqrt{-1}}, \quad \mathcal{P}\mathcal{Q}' = e^{h'\theta\sqrt{-1}} - e^{(nc+n'c')t\sqrt{-1}}\, e^{k'\theta\sqrt{-1}},$$

les valeurs de k', h' étant

(23) $$k' = l'c' + lc, \quad h' = (l' + n')c' + (l + n)c,$$

ou

(24) $$k'' = l'c' + l''c'', \quad h' = (l' + n')c' + l''c'' + nc,$$
etc.

» En adoptant les valeurs précédentes de h et k, ou de h' et k', on aura, dans la formule (9),

(25) $$\int_t^\theta \mathfrak{P}\mathfrak{Q}\,d\theta = \frac{e^{h\theta\sqrt{-1}} - e^{ht\sqrt{-1}}}{h\sqrt{-1}} - \frac{e^{k\theta\sqrt{-1}} - e^{kt\sqrt{-1}}}{k\sqrt{-1}}\, e^{(nc+n'c')t\sqrt{-1}},$$

(26) $$\int_t^\theta (\theta - t)\mathfrak{Q}\,d\theta = \frac{e^{h\theta\sqrt{-1}}}{k\sqrt{-1}}(\theta - t) + \frac{e^{h\theta\sqrt{-1}} - e^{ht\sqrt{-1}}}{k^2};$$

et, dans la formule (14),

(27) $$\int_t^\theta \mathfrak{P}\mathfrak{Q}'\,d\theta = \frac{e^{h'\theta\sqrt{-1}} - e^{h't\sqrt{-1}}}{h'\sqrt{-1}} - \frac{e^{k'\theta\sqrt{-1}} - e^{k't\sqrt{-1}}}{h'\sqrt{-1}}\, e^{(nc+n'c')t\sqrt{-1}},$$

(28) $$\int_t^\theta (\theta - t)\mathfrak{Q}'\,d\theta = \frac{e^{k'\theta\sqrt{-1}}}{k'\sqrt{-1}}(\theta - t) + \frac{e^{k'\theta\sqrt{-1}} - e^{k't\sqrt{-1}}}{k^2}.$$

De plus, comme on trouvera, en vertu des équations (3), (6), (7), ... (11), (12), ... et (16),

$$\mathfrak{P}' = (\theta - t)\, e^{(nc+n'c')\theta\sqrt{-1}}t + t\mathfrak{P},$$

et par suite

$$\mathfrak{P}'\mathfrak{Q} = (\theta - t)\, e^{h\theta\sqrt{-1}} + t\mathfrak{P}\mathfrak{Q},$$

$$\mathfrak{P}'\mathfrak{Q}' = (\theta - t)\, e^{k'\theta\sqrt{-1}} + t\mathfrak{P}\mathfrak{Q}';$$

on aura, dans la formule (19),

(29) $$\int_t^\theta \mathfrak{P}'\mathfrak{Q}\,d\theta = \frac{e^{h\theta\sqrt{-1}}}{h\sqrt{-1}}(\theta - t) + \frac{e^{h\theta\sqrt{-1}} - e^{ht\sqrt{-1}}}{h^2} + t\int_t^\theta \mathfrak{P}\mathfrak{Q}\,d\theta,$$

et, dans la formule (20),

$$(30)\quad \int_t^\theta \mathfrak{P}'\mathfrak{Q}'d\theta = \frac{e^{h'\theta\sqrt{-1}}}{h'\sqrt{-1}}(\theta - t) + \frac{e^{h'\theta\sqrt{-1}} - e^{h't\sqrt{-1}}}{h'^2} + t\int_t^\theta \mathfrak{P}\mathfrak{Q}'d\theta.$$

Il est bon d'observer, 1° que dans les formules (25), (27), un des rapports

$$\frac{e^{k\theta\sqrt{-1}} - e^{kt\sqrt{-1}}}{k\sqrt{-1}},\quad \frac{e^{k'\theta\sqrt{-1}} - e^{k't\sqrt{-1}}}{k'\sqrt{-1}};\quad \frac{e^{h\theta\sqrt{-1}} - e^{ht\sqrt{-1}}}{h\sqrt{-1}},\quad \frac{e^{h'\theta\sqrt{-1}} - e^{h't\sqrt{-1}}}{h'\sqrt{-1}},$$

se réduit à

$$\theta - t,$$

lorsqu'on a

$$(31)\qquad k = 0,\quad \text{ou}\quad k' = 0,\quad \text{ou}\quad h = 0,\quad \text{ou}\quad h' = 0;$$

2° que le second membre de la formule (26) ou (28), ou bien encore la somme des deux premiers termes contenus dans le second membre de la formule (29) ou (30) se réduit, sous l'une de ces mêmes conditions, à

$$\frac{(\theta - t)^2}{2};$$

3° qu'en vertu des équations (21) et (23), ou (22) et (24) chacune des conditions (31) se réduira soit à l'une des deux formules

$$(32)\qquad lc + l'c' = 0,\quad (l + n)c + (l' + n')c' = 0,$$

soit à l'une des quatre formules

$$(33)\quad \begin{cases} lc + l''c'' = 0, & l'c' + l''c'' = 0, \\ (l + n)c + l''c'' + n'c' = 0, & (l' + n')c' + l''c'' + nc = 0. \end{cases}$$

Ajoutons que, si l'on suppose

$$(34)\qquad nc + n'c' = 0,$$

les fonctions $\mathfrak{P}$, $\mathfrak{P}'$ se réduiront à zéro, et les cofficients ϵ, $\mathcal{A}$, $\mathcal{A}'$ à $\frac{1}{0}$, mais

de manière que l'on ait

$$[\mathfrak{S}\mathfrak{P}] = (m, m')_{n, n'} e^{-(nc\tau + n'c'\tau')\sqrt{-1}} (t - \theta),$$

et par suite

$$\mathcal{A}\mathfrak{P} + \mathcal{A}'\mathfrak{P}' = \mathfrak{O}(\theta - t),$$

la valeur de $\mathfrak{O}$ étant

$$(35) \qquad \mathfrak{O} = \left[\varsigma, \; (m, m')_{n, n'} e^{-(nc\tau + n'c'\tau')\sqrt{-1}}\right].$$

Donc alors les sommes

$$\int_t^\theta [\mathcal{A}\mathfrak{P}, \mathcal{B}\mathfrak{Q}]\, d\theta + \int_t^\theta [\mathcal{A}'\mathfrak{P}', \mathcal{B}\mathfrak{Q}]\, d\theta, \quad \int_t^\theta [\mathcal{A}\mathfrak{P}, \mathcal{B}'\mathfrak{Q}']'\, d\theta + \int_t^\theta [\mathcal{A}'\mathfrak{P}', \mathcal{B}'\mathfrak{Q}']'\, d\theta,$$

se réduiront aux intégrales

$$(36) \qquad \int_t^\theta [\mathfrak{O}, \mathcal{B}\mathfrak{Q}] (\theta - t)\, d\theta, \quad \int_t^\theta [\mathfrak{O}, \mathcal{B}'\mathfrak{Q}']' (\theta - t)\, d\theta,$$

dont on obtiendra facilement les valeurs, eu égard aux deux formules

$$(37) \qquad \begin{cases} [\mathfrak{O}, \mathcal{B}\mathfrak{Q}] = [\mathfrak{O}, \mathcal{B}]\, \mathfrak{Q} - n\theta \mathcal{B} D_\tau \mathfrak{O} D_\Omega c \sqrt{-1}, \\ [\mathfrak{O}, \mathcal{B}'\mathfrak{Q}']' = [\mathfrak{O}, \mathcal{B}']' \mathfrak{Q}' - n'\theta \mathcal{B} D_{\tau'} \mathfrak{O} D_{\Omega'} c' \sqrt{-1}. \end{cases}$$

» Si l'on suppose que les nombres c, c', c'', ... soient incommensurables entre eux, alors, pour satisfaire à l'une des conditions (32), (33), (34), il faudra y égaler séparément à zéro les coefficients de c, c', c'', ... Donc alors la condition (34) donnera

$$n = 0, \quad n' = 0,$$

et par suite, eu égard aux formules (37), les intégrales (36) deviendront

$$(38) \qquad [\mathfrak{O}, \mathcal{B}] \int_t^\theta (\theta - t)\, \mathfrak{Q}\, d\theta, \quad [\mathfrak{O}, \mathcal{B}']' \int_t^\theta (\theta - t)\, \mathfrak{Q}'\, d\theta.$$

Alors aussi, dans le dernier membre de chacune des formules (9), (14), (19), (20), la seconde somme se composera de termes dont chacun restera

périodique dans le cas même où il deviendra séculaire; car un quelconque de ces termes ne pourrait devenir purement séculaire qu'autant que l'on aurait $nc + n'c' = 0$, par conséquent

$$n = 0, \quad n' = 0,$$

et dans ce cas le terme en question disparaîtrait avec le facteur n ou n'.

» A l'aide des formules que nous venons d'établir, il devient facile de calculer les divers termes ou périodiques, ou séculaires, ou tout à la fois séculaires et périodiques, dont se compose la variation du second ordre de l'un des six éléments elliptiques

$$\Omega, \ \mathrm{K}, \ \mathrm{W}, \ \tau, \ \varpi, \ \varphi,$$

ou d'une fonction quelconque de ces mêmes éléments. En appliquant ces mêmes formules à la détermination de $\Omega_{\prime\prime}$, c'est-à-dire de la variation du second ordre du premier élément elliptique, on voit immédiatement disparaître les termes purement séculaires dus à la variation des éléments de m. On se trouve ainsi ramené à ce théorème de M. Poisson, que dans la variation du second ordre du premier élément elliptique il n'existe point d'inégalités purement séculaires, dues à la variation des éléments de la planète troublée. C'est au reste ce que nous expliquerons plus en détail dans un autre article. »

ZOOLOGIE. — *Sur un nouveau genre de l'ordre des Crustacés isopodes, et sur l'espèce type de ce genre, le Képone type* (Kepon typus, NOBIS); *par* M. **DUVERNOY**.

« On connaît depuis long-temps les individus femelles d'une espèce de très petit crustacé parasite, de 11 millim. au plus de longueur, appartenant à l'ordre des *Isopodes*, qui vit sous le bouclier de plusieurs espèces de *Palémons*. Il y est attaché à la membrane qui revêt ce bouclier, en-dedans de la partie qui sert de paroi externe à la cavité branchiale. Il y occupe une fossette qui produit un relief plus ou moins sensible, une sorte de loupe, à l'extérieur de cette paroi.

» Le même *Palémon* ne nourrit qu'une seule femelle de Bopyre, lorsqu'elle est une fois fixée, ainsi que je viens de l'expliquer, dans l'une ou l'autre de ses cavités branchiales. Mais cette femelle est souvent, sinon

constamment, accompagnée d'un individu beaucoup plus petit, que l'on trouve comme enfoui entre les deux séries de ses lames branchiales sous-abdominales, près de l'issue des œufs que sans doute il féconde à mesure de leur sortie, à la manière des batraciens.

» La fécondité de ces petits animaux est extraordinaire. M. *Risso* annonce avoir compté jusqu'à huit cents petits vivants sur une seule femelle.

» Les œufs pondus éprouvent une sorte d'incubation sous le thorax de la femelle, où ils sont retenus et protégés par des lames operculaires, qui n'existent pas dans les mâles et sous lesquelles ils éclosent.

» Le *Bopyre* a été le sujet de singuliers préjugés, consignés dans le *Recueil des Mémoires de l'Académie des Sciences*, année 1722, page 19.

» Un demi-siècle plus tard, en 1772, *Fougeroux de Bondaroy* reconnut pour un insecte cet animal, qui selon lui s'attache à la chevrette (1).

» Étudié par *Latreille* (2) au commencement de ce siècle, cet animal devient le type de son genre *Bopyre*, et fut rangé parmi les *Crustacés isopodes*. La description qu'en donne ce savant et laborieux entomologiste est assez détaillée, quoique incomplète.

» En 1817, époque de la première édition du *Règne animal* de Cuvier, LATREILLE, qui s'était chargé de la partie concernant les *crustacés* et les *insectes*, classa le genre *Bopyre* à la fin de l'ordre des *isopodes*; sans doute pour indiquer une sorte de dégradation organique, relativement aux autres animaux du même ordre. Mais dans la seconde édition de cet ouvrage, dont le tome IV parut en 1829, le *sous-genre Bopyre* forme la première section de cet ordre, celle des *Épicarides* : c'est évidemment pour le rapprocher de la section des *Cymothoadés*, avec laquelle il a des rapports sensibles.

» Postérieurement à LATREILLE, M. RATHKE a fait connaître des détails intéressants sur l'organisation et le genre de vie de cet animal. Ils ont paru en 1837, dans deux ouvrages de ce savant. Les femelles observées par M. RATHKE avaient cinq lignes (10 millim.) de longueur; les mâles une ligne et tiers (3 millim.). M. RATHKE n'a jamais trouvé de *Bopyre* que sur des Palémons femelles, quoiqu'il en eût rencontré plusieurs centaines avec cet animal, et autant de mâles, mais toujours sans cet animal.

---

(1) *Histoire de l'Académie des Sciences* pour 1772, p. 1 et suivantes.

(2) *Histoire naturelle générale et particulière des Crustacés et des Insectes*, par P.-A. Latreille, tome VII, pages 50 à 55, et pl. 27, fig. 2, 3 et 4. Paris, an XII.

» M. *Milne Edwards*, dans le tome III de son *Histoire naturelle des Crustacés*, a fait connaître plus complétement la composition de la bouche de ces animaux, dans laquelle il a, entre autres, découvert des *mandibules*, qui avaient échappé à la sagacité de M. *Rathke*. Notre collègue a placé dans sa méthode de classification des *crustacés*, la famille des *Bopyriens* parmi ses *isopodes sédentaires*, et immédiatement après la famille des *Cymothoadés*, qui est la dernière de la section des *isopodes nageurs*. Il y a, sans doute, dans cet arrangement, l'intelligence du rapport. déjà compris par Latreille, entre ces deux familles. On doit y reconnaître encore une vue philosophique, qui assigne son rang au *Bopyre* d'après le degré de perfection organique.

» L'immobilité des femelles étant une dégradation fonctionnelle très sensible, ces animaux devaient être placés immédiatement après les *Cymothoadés*, à la fin de l'ordre des *isopodes*, comme l'avait fait *Latreille* en premier lieu, et non au commencement, comme il s'y est déterminé plus tard.

Les *isopodes sedentaires* comprennent une seconde famille, celle des *Ioniens*, composée de même d'un seul genre, que *Latreille* a laissé parmi les *Amphipodes*, sans doute à cause de ses branchies arborescentes et déployées autour de l'abdomen, et de l'existence d'appendices thoraciques et abdominaux vésiculaires, en massue et de différentes grandeurs. La seule espèce de ce genre dont les habitudes, ainsi que le remarque ce dernier, sont les mêmes que celles des *Bopyres* (1), a été découverte par *Montagu*, cachée sous le test de la *Callianasse souterraine*, et nommée par ce naturaliste *Oniscus thoracicus* (2).

» C'est *Latreille* qui a fait de cette espèce un sous-genre, sous le nom d'*Ione*.

» M. *Milne Edwards* a cru devoir le ranger dans l'*ordre* des *isopodes*, malgré ses branchies arborescentes et flottantes autour de l'abdomen, et l'existence de ses singuliers appendices vésiculeux. Cette détermination, que *Latreille* n'avait pas osé prendre, a pu paraître hardie aux naturalistes qui tiennent à des caractères de classification une fois admis. Mais ceux qui comprennent la méthode naturelle, cette méthode de l'ensemble des rapports, qui est en même temps un moyen de progrès continuels et

---

(1) *Règne animal de Cuvier*, tome IV, p. 119. Paris, 1829.
(2) *Trans. of Linn. Soc.*; tome IX, pl. III, fig. 3,4, 1808.

d'améliorations dans l'exposition de ces rapports, auront dû trouver cet arrangement très rationnel.

» Un nouveau type générique que je viens de découvrir, et qui est intermédiaire entre les *Bopyres* et les *Iones*, justifierait au besoin cette classification.

» Les quatre exemplaires que j'en possède se sont trouvés parmi quelques autres *crustacés isopodes* qui m'ont été remis, pour mes recherches d'anatomie comparée, avec une rare obligeance, par le fondateur de la première société d'histoire naturelle de l'île Maurice, feu M. *Julien Desjardins*, dont la science déplore la perte récente.

» Je propose pour ce genre la dénomination de *Képone*, du mot grec κῆπος, jardin, afin de le consacrer au souvenir du naturaliste auquel la science devra d'en avoir recueilli les premiers individus, et qui est d'ailleurs connu par de bonnes observations sur la *zoologie* de l'île Maurice.

» Si l'on compare les *Bopyres*, les *Iones* et les *Képones*, on trouvera qu'ils ont beaucoup d'analogie :

1°. Par les quatorze pattes ancreuses attachées à leurs anneaux thoraciques;

» 2°. Par les six segments de leur abdomen qui vont en diminuant du premier au dernier, et dont les cinq premiers au moins supportent des appendices branchiaux;

» 3°. Par la présence de quatre antennes dont les deux internes sont rudimentaires;

» 4°. Par l'absence d'yeux chez les femelles;

» 5°. Par la plus grande taille de celles-ci, relativement aux mâles;

» 6°. Par l'existence, chez les femelles, de plaques d'incubation qui recouvrent la face inférieure du thorax et protégent les œufs.

» Voici d'ailleurs les principaux caractères du genre *Képone* :

» Le *corps* a tous ses quatorze segments, y compris la tête, très distincts. Ceux du thorax sont profondément séparés, dans la femelle comme dans le mâle.

» Les antennes *externes* ou postérieures, dans la femelle, ont quatre *articles;* les *internes* ou antérieures deux seulement.

» La *bouche*, dans la femelle, a un *labre*, deux petites *mandibules*, une *lèvre postérieure*, des *mâchoires*. Toutes ces parties sont recouvertes par une paire de *pieds-mâchoires*, formés d'une grande lame, supportant, en avant, un petit article crochu, comme dans les *Porcellions*.

» La *hanche* des quatre premières paires de pieds supporte, sur un *court*

pédicule cylindrique, une *pelotte hémisphérique* multipapilleuse dirigée vers le haut. Dans les paires de pattes suivantes ce pédicule existe, mais sans la pelotte.

» Les *pieds* ont *cinq articles,* dont le dernier n'a pas d'ongles; plus dilaté que le pénultième, il paraît former une petite pelotte, qui rappelle celle des *Rainettes.*

» Les *branchies* se composent: 1° de *six paires* d'appendices en forme de feuilles, à bord frangé, attachées et étalées sur les côtés des *six* anneaux de l'abdomen; 2° de *cinq* autres paires d'*appendices coniques* ou *pyriformes,* qui sont attachées plus en-dedans, sous les *cinq premiers anneaux* de cette région; elles répondent aux lames operculaires du plan ordinaire. Je les appellerai *branchies accessoires,* et les premières *branchies principales.*

» Il y a de chaque côté du thorax de la femelle *cinq larges plaques d'incubation,* qui recouvrent toute la face inférieure de cette partie du corps.

» Le *mâle* n'a que moitié de la longueur des plus grandes femelles.

» L'abdomen et les folioles branchiales principales sont plus développés. Les branchies accessoires des deux dernières paires sont bifurquées.

» Les antennes internes sont à proportion plus longues, et dépassent sensiblement le chaperon.

» Il y a une apparence d'yeux à la face supérieure de la tête.

» Les premières lames qu'on découvre autour de la bouche diffèrent beaucoup, pour la forme, des *pattes-mâchoires de la femelle.*

» Ce nouveau type générique, et même de famille, appartient évidemment, par ses quatorze pattes semblables entre elles, et par le nombre des segments de son corps, à l'ordre des *isopodes.*

» Nous avons déjà fait sentir ses affinités incontestables avec les *Bopyres* et les *Iones.*

» Il se rapproche des *Iones* par le nombre de ses appendices abdominaux et par leur disposition autour de cette région.

» Il se rapproche des *Bopyres,* par la forme lamelleuse ou en feuilles de ses branchies externes; mais les franges ou les dentelures de ces feuilles, qui ne se voient pas dans les Bopyres, rappellent un peu les divisions des branchies arborescentes des *Iones.*

» Ce nouveau type, intermédiaire entre les *Bopyres* et les *Iones,* me semble devoir confirmer la réunion de ces genres dans une même section.

» Le nombre de ses appendices abdominaux, est le nombre normal le plus fort que l'on ait rencontré jusqu'ici dans l'ordre des isopodes. Mais

chez aucun animal de cet ordre la dernière paire d'appendices n'a subi la même transformation que les cinq autres qui la précèdent. Cette circonstance singulière, et la disposition étalée des branchies dans les *Iones* et les *Képones*, tandis qu'elles sont imbriquées et sous-abdominales dans les autres *isopodes*, obligera de reformer, à cet égard, les caractères de cet ordre.

» Ce sont ces questions de principes de classification, soulevées par la découverte de cette nouvelle forme animale, qui m'ont encouragé à la faire connaître à l'Académie, la découverte de ce nouveau type pouvant conduire à une appréciation plus exacte de certaines modifications organiques, dans leur application à la méthode naturelle.

» Je joins à cet extrait une description détaillée du genre *Képone*, et une planche dont les figures donneront une idée exacte de ce genre. »

Note de M. Biot.

« Le Mémoire que je me proposais de présenter à l'Académie a pour objet la discussion des données que l'état actuel de nos connaissances peut fournir pour établir les bases de la Mécanique chimique. Mais j'aurais desiré surtout pouvoir soumettre ce travail à ceux de nos confrères que l'on regarde comme les maîtres de la science, et que je me félicite d'avoir pour amis. Ne les voyant pas présents aujourd'hui, je prie M. le Président de vouloir bien me permettre de remettre cette lecture à une séance prochaine. »

RAPPORTS.

gnomonique. — *Rapport sur le régulateur solaire de* M. de Saulcy.

(Commissaires, MM. Bouvard, Puissant, Savary, Mathieu rapporteur.)

« M. de Saulcy s'est proposé de construire un mécanisme portatif, qu'il nomme régulateur solaire, pour obtenir directement le temps moyen à une latitude quelconque.

» Un cadran solaire bien orienté donne, chaque jour, le temps vrai à midi et à toutes les heures, et l'on en conclut le temps moyen en tenant compte de la différence entre le temps vrai et le temps moyen. Mais cette opération exige que l'on prenne, dans une éphéméride astronomique, l'équation du temps, et que l'on en fasse exactement l'application au temps

vrai soit en l'ajoutant, soit en la retranchant. C'est pour éviter cette opération que M. de Saulcy a imaginé un appareil à l'aide duquel on peut placer chaque jour le cadran dans la position convenable pour qu'il marque le temps moyen à toute heure, et cela sans rien emprunter aux éphémérides et avec la seule connaissance du jour de l'année.

» Si l'on fait tourner un cadran autour de son style, le soleil arrivera dans les nouveaux plans horaires plus tôt ou plus tard que si le cadran était resté immobile, suivant que le mouvement a eu lieu vers l'orient ou vers l'occident. On voit par-là qu'en donnant au système la rotation convenable, les ombres solaires pourront marquer sur le cadran les heures moyennes au lieu des heures vraies. Chaque jour il faudra incliner le méridien du cadran sur le méridien du lieu, à droite ou à gauche d'un angle égal à l'équation du temps exprimé en degrés. Le jour où l'équation est nulle, le cadran donne à la fois le temps vrai et le temps moyen, ce qui arrive quatre fois dans l'année.

» Quand le cadran est incliné vers l'orient, par exemple, il donne le temps vrai pour le point situé à la même latitude, sous un méridien éloigné d'un angle égal à l'équation du temps. Le soleil, arrivé dans le méridien du cadran, doit encore se mouvoir pendant un temps égal à l'équation du temps pour atteindre le méridien du lieu; il détermine donc alors le midi vrai de ce point et le midi moyen du lieu où l'on se trouve.

» Les propriétés d'un cadran mobile autour du style seront encore les mêmes quand on le fera tourner de la même quantité autour d'une ligne parallèle au style ou à l'axe de la Terre.

» Maintenant il nous suffira d'indiquer la construction du cadran de M. de Saulcy et les moyens employés pour le faire mouvoir.

» Il a tracé sur une plaque de porcelaine d'environ 2 décimètres de longueur et de largeur, un cadran solaire horizontal pour la latitude de 45°. Ce cadran est attaché à un triangle rectangle en fer, nommé *sellette*, dont les deux côtés sont égaux. Par cette disposition l'hypoténuse est parallèle au style; elle se trouve aussi parallèle à l'axe de la Terre quand le cadran est horizontal et bien orienté. C'est autour de cette hypoténuse que s'opère le mouvement du cadran, au moyen de deux pivots attachés à un *support*. Ce support est une espèce de pupitre; il consiste dans un prisme triangulaire droit. La grande face repose sur un plan horizontal; les deux autres étant égales et perpendiculaires l'une à l'autre, sont toutes deux inclinées de 45° sur l'horizon. C'est sur la face parallèle à l'axe de la Terre que se trouvent les deux pivots autour desquels tourne la sellette.

Sur la face du support parallèle à l'équateur est une roue dentée divisée en trois cent soixante-cinq parties égales pour tous les jours de l'année. Au centre de cette roue on a fixé une plaque en cuivre terminée par une courbe dont les rayons varient comme l'équation du temps. Une tringle, nommée *gouvernail*, garnie d'un repoussoir qui s'appuie constamment sur la courbe excentrique de l'équation du temps, s'incline dans le plan de l'équateur et détermine le mouvement angulaire du triangle qui porte le cadran quand on fait tourner la roue dentée avec un pignon, pour amener le jour de l'année sous un index convenablement placé.

» Le même cadran peut aussi être placé sur le côté vertical du triangle mobile et devenir cadran vertical.

» Quand la latitude du lieu est plus grande ou plus petite que 45°, au lieu de placer le support sur un plan horizontal, on le pose sur un plan incliné d'une quantité égale à la différence entre 45° et la latitude du lieu, de manière que le style se trouve toujours parallèle à l'axe du monde. Alors le plan du cadran, qui n'est ni horizontal ni vertical, donne le temps moyen comme pour la latitude de 45°.

» Cet appareil, disposé pour l'hémisphère boréal, peut aussi servir dans les pays au sud de l'équateur, en le plaçant dans un sens inverse. Le matin devient le soir, et la courbe excentrique doit être tracée en sens contraire.

Conclusions.

» Le régulateur solaire imaginé par M. de Saulcy nous paraît simple, ingénieux et propre à donner directement le temps moyen, avec toute la précision que l'on peut attendre de ces sortes d'instruments. Nous proposons à l'Académie de remercier l'auteur des efforts qu'il a faits pour faciliter et propager l'usage du temps moyen. »

Les conclusions de ce Rapport sont adoptées.

NOMINATIONS.

L'Académie procède, par voie de scrutin, à la nomination d'un candidat pour la place de professeur d'analyse et de mécanique, vacante à l'École Polytechnique, par suite de la nomination de M. Duhamel à la place d'examinateur permanent à la même École.

Les sections de Géométrie et de Mécanique, chargées de préparer une liste de candidats, avaient présenté pour candidat M. *Sturm*.

Le nombre des votants est de 41; au premier tour de scrutin,

M. Sturm obtient............ 36 suffrages;
M. Comte.................. 3

Il y a deux billets blancs.

M. **Sturm**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, sera présenté comme candidat de l'Académie, au choix de M. le Ministre de la Guerre.

MÉMOIRES LUS.

M. **Passot** lit un Mémoire ayant pour titre : *Note sur l'ensemble de diverses communications relatives à la détermination de l'intensité de la force centrifuge dans les machines rotatives hydrauliques et à vapeur.*

Cette Note est renvoyée à la Commission chargée de l'examen de plusieurs autres communications du même auteur sur les appareils rotatifs.

M. **Castera** termine la lecture de son Mémoire sur la navigation sous-marine.

(Commissaires, MM. de Freycinet, Dupin, Gambey.)

M. **Laurent** commence la lecture d'un Mémoire sur les résultats de ses nouvelles recherches concernant le développement des *Spongilles*.

Cette lecture sera continuée dans une prochaine séance.

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

CHIMIE. — *Note sur un nouveau mode d'emploi de l'appareil de Marsh dans les recherches médico-légales ; par* M. **J.-L. Lassaigne.**

(Commissaires, MM. Thenard, Dumas, Boussingault, Regnault.)

MÉDECINE. — *Sur l'emploi des ventouses sèches dans les cas de pertes utérines;* *par* M. GONDRET.

La Note de M. Gondret est renvoyée à l'examen de la Commission chargée de faire un rapport sur son Mémoire concernant les effets physiologiques de la pression atmosphérique.

CORRESPONDANCE.

M. le MINISTRE DE LA MARINE invite l'Académie à vouloir bien renvoyer à l'examen d'une Commission les documents recueillis dans le dernier *voyage scientifique au Nord de l'Europe*.

La Commission qui avait proposé des Instructions pour cette expédition sera chargée de faire le rapport sur les résultats qui ont été obtenus; et, comme, parmi les pièces rapportées, se trouvent de nombreux dessins, l'Académie des Beaux-Arts sera invitée à désigner quelques-uns de ses membres pour prendre part au travail de la Commission.

M. le Ministre consulte également l'Académie sur une proposition qui lui a été soumise par M. Gaimard, directeur de l'expédition, savoir, que les observations magnétiques et météorologiques, faites à Bossekop, dans le cours de cette campagne, soient continuées dans le même lieu et par les mêmes personnes qui y seraient envoyées de nouveau pour y rester jusqu'à la fin de l'année 1842. La nouvelle série d'observations se lierait d'une part à celles qui ont été faites pendant la précédente campagne, et de l'autre à celles qui se poursuivent maintenant en différentes parties du monde, conformément au plan arrêté par la Société royale de Londres.

M. BIOT fait remarquer, à l'occasion de la première partie de la Lettre de M. le Ministre, que la Commission à l'examen de laquelle seront soumis les documents scientifiques recueillis par l'expédition, devra, pour remplir complétement sa tâche, ne pas se contenter de discuter les résultats numériques consignés dans les registres d'observations, et qu'elle aura besoin d'obtenir des observateurs eux-mêmes divers renseignements; il propose, en conséquence, à l'Académie de vouloir bien s'adresser à M. le Ministre de la Marine, à l'effet d'obtenir que ces personnes, qui dépendent de son administration, puissent séjourner à Paris tout le temps que le permettront les exigences du service.

M. le **Ministre de la Marine** accuse réception du rapport fait par une Commission de l'Académie sur les travaux exécutés pendant la campagne de la frégate *la Vénus*. Il exprime le regret de ne pouvoir accéder sur-le-champ au vœu exprimé par l'Académie, relativement à la publication des résultats scientifiques de cette expédition; mais il annonce en même temps l'intention de prendre des mesures qui lui permettront sans doute de satisfaire plus tard à cette demande.

M. le **Ministre de l'Instruction publique** demande communication d'un rapport qu'il suppose avoir été fait sur deux Notes de M. **Martin**, relatives à la détermination des longitudes et des latitudes en mer.

La Commission à l'examen de laquelle ces Notes ont été envoyées, est invitée à faire prochainement sur ces communications un rapport qui sera transmis à M. le Ministre.

M. le **Ministre de l'Agriculture et du Commerce** adresse la première livraison de l'ouvrage de M. **Audouin**, intitulé: *Histoire des insectes nuisibles à la vigne et particulièrement de la Pyrale*. (Voir au *Bulletin bibliographique.*)

M. **Audouin** fait remarquer qu'il se serait empressé de faire hommage de cet ouvrage à l'Académie, s'il n'avait su que M. le Ministre de l'Agriculture, sur l'invitation duquel ses recherches ont été entreprises, et qui a concouru à leur publication, n'avait desiré le présenter lui-même à l'Institut.

M. le **Ministre des Affaires étrangères** transmet un ouvrage sur la *Résolution générale des équations numériques*, dont l'auteur, le P. **Badano**, professeur de Mathématiques à l'université de Gènes, fait hommage à l'Académie.

physique. — *Recherches sur la formation du son dans les cordes vibrantes.* — Extrait d'une Lettre de M. **Cagniard-Latour**.

« Je prends la liberté de communiquer à l'Académie l'expérience suivante, à laquelle j'ai été conduit en poursuivant mes recherches sur la formation du son dans les cordes vibrantes.

» Ces recherches, qui avaient pour objet principal de savoir pourquoi

dans une pareille corde le nombre des vibrations sonores ne répond, ainsi qu'on le sait depuis long-temps, qu'à la moitié du nombre synchrone des oscillations simples de la corde, m'ont conduit à essayer de produire un son, en faisant osciller très rapidement entre deux montants ou piliers métalliques un petit marteau dur et léger, c'est-à-dire formé d'un bout de tige de verre, et j'y ai réussi; mais ce qu'il y a de particulier dans le son obtenu, c'est que le nombre de ces vibrations sonores ne répond qu'à la moitié du nombre synchrone des oscillations simples du marteau, quoique l'appareil soit disposé de façon qu'à chaque mouvement de va-et-vient de ce marteau il doive se produire deux coups ou bruits d'égale intensité, par l'effet des chocs alternatifs que le marteau exerce sur les deux piliers....

» Quant au moyen que j'emploie pour produire les oscillations de ma tige de verre, et qui peuvent s'élever au nombre de deux cents par seconde, il est fort simple, et je crois même nouveau, en ce sens que je ne connais aucun ouvrage de physique ou de mécanique dans lequel il en soit question.

» Ce moyen consiste à établir dans un trou que porte l'extrémité libre de la tige de verre oscillante, le pivot supérieur d'une petite sirène à ailes obliques chargée d'un poids excentrique. De cette disposition il résulte qu'au moment où, par l'insufflation de la bouche dans le porte-vent de l'appareil, on imprime une rotation continue à cette espèce de moulinet horizontal, celui-ci, par l'effet de sa force centrifuge, fait osciller la tige de verre, en sorte que par chaque tour entier du moulinet il se produit deux oscillations de cette tige, c'est-à-dire deux coups ou bruits. »

M. de Paravey adresse une Note ayant pour titre : *Sur la pierre des Amazones et sur les migrations, dans l'Amérique du Sud, des Amazones d'Asie.*

« L'espèce de jade qu'on désigne quelquefois sous le nom de *pierre des Amazones*, se trouve à la fois, dit l'auteur, en Amérique et en Asie. On ne connaît pas précisément son gisement, mais ce qu'il faut reconnaître et ce qui est très remarquable, c'est que les pays desquels proviennent les figurines et objets d'ornements faits avec cette pierre excessivement dure et difficile à travailler, sont, dans l'ancien comme dans le nouveau continent, ceux où l'on place des nations de femmes guerrières, d'*Amazones;* n'y a-t-il pas lieu de penser, poursuit M. de Paravey, en trouvant les mêmes mœurs et la même industrie en deux régions différentes du globe, qu'il y

a eu communication d'un pays à l'autre, et que les Amazones de l'Asie, pénétrant dans l'Amérique par le Nord, peut-être à l'époque où des peuplades asiatiques sont venues renverser, au Mexique, l'empire des Toltèques, ont poursuivi leur marche jusqu'aux plaines du Maragnon. »

M. **Gourdin** prie l'Académie de vouloir bien hâter le travail de la Commission qui a été chargée de faire un rapport sur la *Pompe Milk*.

M. **Bouchacourt** adresse un paquet cacheté pour suscription : *Recherches anatomiques sur le système veineux*.

L'Académie en accepte le dépôt.

La séance est levée à 5 heures. F.

Errata.

(Séance du 14 septembre, *dans plusieurs exemplaires.*)

PAGES.	LIGNES.	FAUTES.	CORRECTIONS.
460	13	$p+p'$	$p+p'+\Phi$
Ibid.	14	ν	$\nu\sin\Pi,\ \nu\cos\Pi$
Ibid.	15	$\cos\iota\cos\iota'$	$\frac{1}{2}(\cos\iota+\cos\iota')$
Ibid.	17	ν	$\nu\cos\Phi$
Ibid.	*Ibid.*	ajoutez	$\nu\sin\Phi=\dfrac{\cos\iota'-\cos\iota}{2}\sin(\varphi'-\varphi)$ Donc, si l'on nomme I l'inclinaison mutuelle des deux orbites, on aura $\mu=\cos^2\dfrac{\mathrm{I}}{2},\quad \nu=\sin^2\dfrac{\mathrm{I}}{2}$
467	17	lisez	$\mathrm{P}_{1,1}=\frac{1}{2}\nu e^{\Phi\sqrt{-1}},\ \mathrm{P}_{-1,-1}=\frac{1}{2}\nu e^{-\Phi\sqrt{-1}},$ $\mathrm{P}_{-1,1}=\frac{1}{2}\mu e^{\Pi\sqrt{-1}},\ \mathrm{P}_{1,-1}=\frac{1}{2}\mu e^{-\Pi\sqrt{-1}}.$
467 et 468		$p'+p$	$p'+p+\Phi$
469		$e^{\frac{1}{2}(h'-h)\Pi\sqrt{-1}}$	$e^{\frac{1}{2}(h'+h)\Phi\sqrt{-1}}\,e^{\frac{1}{2}(h'-h)\Pi\sqrt{-1}}$
470	15 et 17	ρ^l	$(-2\mu)^l$
Ibid.	22	$2^{-\frac{1}{2}}$	$2^{-l-\frac{1}{2}}(-1)^l$
471	8	$2^{-\frac{1}{2}}$	$2^{-l-\frac{1}{2}}(-1)^l$
473	20	$1+h,\ 1-h$	$i+h,\ i-h$
475	22	$\mathfrak{N}_{\frac{1}{2}i,\,0,\,2}$	$\mathfrak{N}_{\frac{1}{2}i,\,0,\,k}$
Ibid.	*Ibid.*	$(-1)^{\frac{i+k}{2}}(k)_{\frac{i+k}{2}}$	$(-1)^{\frac{2k+i}{4}}(k)_{\frac{2k-i}{4}}$

(Séance du 21 septembre.)

PAGES.	LIGNES.	FAUTES.	CORRECTIONS.
502	16	R	$\mathrm{R}=$
504	9	lisez	$\left\{+\dfrac{m'}{2}\mu\left\{\begin{array}{l} q_1 q'_{-1} e^{(\varpi'-\varpi+\Pi)\sqrt{-1}} \\ +q_{-1} q'_1 e^{-(\varpi'-\varpi+\Pi)\sqrt{-1}}\end{array}\right\}\right\}.$

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

L'Académie a reçu dans cette séance les ouvrages dont voici les titres :

Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie royale des Sciences; 2e semestre 1840, n° 14, in-4°.

Annales des Sciences naturelles; tome 13, mai 1840, in-8°.

Annales maritimes et coloniales; par MM. Bajot et Poirré; sept. 1840, in-8°.

Histoire des Insectes nuisibles à la vigne, et particulièrement des Pyrales; par M. Audouin; 1re liv., in-4°.

Esquisse des principaux points de vue sous lesquels on peut considérer l'Anatomie de l'Homme et des Animaux dans son état actuel; par M. Duvernoy. (Extrait du *Dictionnaire universel* d'*Histoire naturelle*.)

Voyage en Islande et au Groënland pendant les années 1835 *et* 1836, *sous la direction de* M. P. Gaimard. — *Histoire de l'Islande; par* M. X. Marmier; 1re partie, in-18, avec les liv. 17, 18, 19, 20, 21, 22 et 23 de planches in-fol.

Voyage dans la Russie méridionale; 8e, 9e et 10e liv. in-8°, avec planches in-fol.

Cinquième addition à l'exposition du principe et des propriétés de la Turbine-Passot; in-4°.

Journal de Pharmacie et des Sciences accessoires; oct. 1840, in-8°.

Journal des Connaissances médico-chirurgicales; oct. 1840, in-8°.

Journal de la Société de Médecine pratique de Montpellier; oct. 1840, in-8°.

La France industrielle, manufacturière, agricole et commerciale; 7e année, oct. 1840, in-8°.

Revue zoologique, par la Société cuviérienne; sept. 1840, in-8°.

Revue générale de l'Architecture, Histoire; feuilles 36 et 37, in-4°, et 2 planches.

Quelques recherches sur la Chaleur spécifique; par MM. de la Rive et Marcet. (Extrait de la *Bibliothèque universelle de Genève*; août 1840.) In-8°.

Monographia generis Melocacti; auctore F.-A.-Guil. Miquel; in-4°, avec

planches. (Extrait des *Actes de l'Académie des Curieux de la Nature;* vol. 18.)

The Spas.... *Les Sources minérales d'Allemagne; par* M. GRANVILLE; Londres, 1838, in-8°.

Counter-Irritation.... *La Contre-Irritation, ses principes et sa pratique développés dans cent observations des maladies les plus graves et les plus douloureuses guéries par applications externes; par* le même; in-8°.

Beobachtungen.... *Remarques sur les Difformités des extrémités inférieures et de leur traitement; par* M. HEINE; Stuttgardt, in-4°.

Kitaïskom.... *Résumé des principaux Traités chinois sur la culture des Mûriers et l'éducation des Vers à soie; par* M. St. JULIEN. (Traduction russe, publiée par ordre de M. le Ministre des Finances de Saint-Pétersbourg.) Saint-Pétersbourg, 1840, in-8°.

Nuove ricerche.... *Nouvelles recherches sur la résolution générale des Équations algébriques; par* le père JÉRÔME BADANO, carmélite déchaussé, professeur de mathématiques à l'université de Gênes; Gênes, 1840, in-4°.

Gazette médicale de Paris; tome 8, n° 41.

Gazette des Hôpitaux; n°s 118 et 119.

L'Expérience, Journal de Médecine, n° 171; in-8°.

Gazette des Deux-Mondes; n° 4.

Jours du mois.	9 heures du matin. Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygrom.	Midi. Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygrom.	3 heures du soir. Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygrom.	9 heures du soir. Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygrom.	Thermomètre. Maxim.	Minim.	État du ciel à midi.	Vents à midi.
1	753,45	+22,5		752,56	+26,8		751,89	+29,1		752,59	+24,6		+30,6	+14,4	Serein.	E.
2	751,98	+24,0		750,80	+27,9		749,36	+28,4		748,28	+18,8		+30,6	+16,8	Nuageux.	S. S. E.
3	748,76	+19,8		750,79	+13,5		751,61	+16,5		754,91	+12,5		+20,0	+13,5	Couv., pluie par moments	S. S. E.
4	756,20	+16,7		755,78	+19,0		755,30	+19,9		753,60	+15,5		+20,2	+ 9,2	Très nuageux	O. S. O.
5	756,42	+14,6		757,11	+17,8		757,96	+18,0		759,25	+15,0		+19,1	+17,0	Couvert.	O. N. O.
6	762,25	+16,0		762,50	+18,6		762,12	+19,6		762,14	+15,6		+20,9	+12,3	Très nuageux	N. E.
7	761,60	+17,4		760,76	+21,6		759,77	+21,6		759,60	+17,0		+22,6	+11,6	Quelques nuages.	S. O.
8	760,14	+17,6		760,31	+20,2		759,85	+19,6		761,21	+14,7		+20,9	+15,0	Très nuageux.	N. O.
9	761,26	+18,7		760,84	+20,4		759,80	+22,1		759,53	+17,3		+22,4	+12,7	Couvert	O. S. O.
10	759,41	+19,0		759,32	+20,0		758,65	+22,0		758,08	+18,0		+22,9	+14,0	Couvert.	O. S. O.
11	756,95	+16,6		756,96	+16,9		756,05	+18,4		756,89	+15,6		+19,4	+13,1	Couvert.	O.
12	756,93	+15,6		756,45	+17,6		755,83	+17,6		755,89	+13,2		+18,8	+12,5	Très nuageux.	O.
13	752,29	+11,9		751,30	+13,5		750,17	+14,6		749,69	+11,5		+15,0	+ 9,4	Couvert.	N.
14	746,61	+14,2		744,51	+15,8		742,49	+16,1		737,68	+11,2		+16,9	+ 8,7	Couvert.	O. S. O.
15	738,19	+11,5		740,60	+13,6		741,86	+13,8		741,11	+11,5		+15,3	+10,0	Éclaircies.	O.
16	735,41	+13,3		736,07	+16,4		736,80	+11,7		742,12	+11,7		+17,5	+10,0	Couvert.	S. O.
17	749,28	+13,5		749,97	+15,8		749,27	+14,0		750,89	+11,4		+17,5	+ 8,3	Couvert.	S. O.
18	750,86	+12,1		750,10	+12,8		748,45	+12,0		746,20	+ 9,5		+13,3	+ 9,8	Pluie.	N. N. E.
19	748,67	+10,8		750,82	+12,6		752,83	+13,8		756,04	+11,0		+13,8	+ 8,8	Couvert.	N. O.
20	758,43	+ 9,1		758,60	+12,0		758,29	+13,3		760,73	+ 7,2		+13,9	+ 6,3	Nuages et vapeurs.	O.
21	761,38	+10,8		760,61	+15,9		759,62	+15,4		758,51	+ 9,8		+17,2	+ 3,3	Quelques nuages	O. S. O.
22	753,68	+14,0		752,01	+16,7		749,60	+15,5		750,30	+11,8		+18,3	+ 7,2	Couvert.	S. S. O.
23	748,48	+11,4		748,78	+15,1		748,88	+14,9		748,42	+12,2		+15,6	+10,2	Couvert.	S. O.
24	747,43	+10,7		748,33	+14,6		748,57	+16,2		749,77	+10,7		+16,6	+ 8,7	Éclaircies	S. O.
25	751,63	+12,1		752,80	+12,2		753,59	+13,4		757,40	+10,3		+13,5	+ 9,4	Pluie.	S. S. O.
26	760,75	+13,2		760,50	+16,8		759,62	+15,8		758,23	+13,5		+17,0	+10,0	Voilé.	S. O.
27	758,84	+16,4		758,82	+17,5		758,40	+19,3		758,19	+14,0		+19,2	+12,3	Nuageux.	S. O.
28	756,10	+17,1		755,17	+20,6		754,23	+19,6		753,22	+17,4		+20,9	+13,0	Éclaircies	S. O.
29	749,90	+15,3		750,33	+14,0		750,78	+15,6		754,28	+10,9		+17,0	+14,9	Couvert.	S. O.
30	758,19	+11,6		758,56	+13,8		758,66	+13,2		759,51	+ 9,1		+15,0	+ 7,5	Nuageux.	O.
1	757,15	+18,6		757,08	+20,6		756,63	+21,7		756,92	+16,9		+23,0	+13,6	Moy. du 1er au 10	Pluie en centim.
2	749,36	+12,9		749,54	+14,4		749,20	+14,5		749,72	+11,4		+16,1	+ 9,7	Moy. du 11 au 20	Cour.
3	753,64	+13,3		754,59	+15,7		754,20	+15,9		754,78	+12,0		+17,0	+ 9,6	Moy. du 21 au 30	Terr.. 11,409
	753,38	+13,9		753,73	+16,9		753,34	+17,4		753,81	+10,1		+18,7	+11,0	Moyennes du mois.	+14,85

COMPTE RENDU

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 19 OCTOBRE 1840.

PRÉSIDENCE DE M. PONCELET.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les conditions de convergence d'une classe générale de séries; par* M. Liouville. (Extrait par l'auteur.)

« On connaît assez les difficultés que présente dans un grand nombre de cas la théorie des suites infinies, à laquelle cependant on est forcé chaque jour de recourir pour résoudre les problèmes de mécanique céleste et de physique mathématique. Aussi depuis plus de deux siècles les géomètres en ont fait un des objets principaux de leurs méditations. Notre savant confrère, M. Cauchy, s'en est surtout occupé avec succès: il y est revenu plusieurs fois, en employant des méthodes diverses, et si les théorèmes qu'il a donnés ne suffisent pas encore pour épuiser la question, c'est qu'elle est vraiment de sa nature inépuisable.

» Un des plus beaux résultats que l'on ait obtenus en ce genre de recherches consiste dans une relation singulière entre les conditions de convergence de quelques séries et la résolution numérique de certaines équations transcendantes. Déjà Laplace avait fait voir que les séries à l'aide desquelles, dans la théorie du mouvement elliptique des planètes, on

développe le rayon vecteur et l'anomalie vraie suivant les puissances croissantes de l'excentricité, sont convergentes tant que l'excentricité ne dépasse pas une certaine limite; il avait montré qu'en supposant, pour plus de simplicité, l'anomalie moyenne égale à un angle droit, cette limite dépend de la résolution d'une équation transcendante dans laquelle entre la base des logarithmes népériens. Depuis, M. Cauchy a retrouvé et beaucoup étendu cette importante proposition : l'analyse élégante et rigoureuse dont il s'est servi lui a fourni des règles commodes pour la convergence des séries qui proviennent de l'application de la formule de Lagrange et des autres formules analogues employées par les géomètres pour développer les racines des équations.

» Dans le Mémoire que j'ai l'honneur de présenter à l'Académie, je me propose d'abord de discuter une série assez remarquable dont la convergence ou la divergence dépend aussi du rapport de grandeur existant entre le module du paramètre suivant les puissances duquel elle est ordonnée et une certaine racine d'une équation transcendante déterminée. L'équation dont je parle a une infinité de racines positives ; c'est tantôt la première, tantôt la seconde, tantôt la $m^{ième}$ de ces racines qu'il faut considérer. La convergence a lieu tant que le module du paramètre est inférieur à cette première, seconde, ou $m^{ième}$ racine : au-delà la série devient divergente. Je traite ensuite par les mêmes principes d'autres séries plus compliquées. On verra peut-être avec intérêt reparaître dans ces problèmes d'analyse pure, auxquels elles semblent d'abord étrangères, ces intégrales d'équations différentielles du second ordre, dont nous nous sommes tant occupés M. Sturm et moi, et qui jouent un rôle si important dans la théorie de la chaleur et dans celle des corps élastiques.

» Soit x une variable réelle comprise entre deux limites x, X : désignons par φ et g deux fonctions de x, qui ne deviennent jamais infinies, et dont la première est quelconque, tandis que la seconde est essentiellement positive. Faisons

$$\varphi_1 = \int_{\mathrm{x}}^{x} dx \int_{\mathrm{X}}^{x} g\varphi dx, \ldots \quad \varphi_{n+1} = \int_{\mathrm{x}}^{x} dx \int_{\mathrm{X}}^{x} g\varphi_n dx, \ldots$$

et soit proposée la série

$$\varphi + \alpha\varphi_1 + \alpha^2\varphi_2 + \ldots + \alpha^n\varphi_n + \ldots.$$

Voici la règle à l'aide de laquelle on détermine les cas de convergence ou de divergence de cette série.

» Considérons la fonction V qui satisfait à l'équation différentielle du second ordre

$$\frac{d^2V}{dx^2} + grV = 0,$$

et aux conditions définies

$$V = 0, \quad \frac{dV}{dx} = 1, \quad \text{pour} \quad x = \mathrm{x}:$$

V sera une fonction $V(x, r)$ de x et de r. Maintenant déterminons r en posant

$$\frac{dV(X, r)}{dX} = \varpi(r) = 0;$$

l'équation $\varpi(r) = 0$ aura une infinité de racines $r_1, r_2, \ldots r_n, \ldots$ que nous supposons ici rangées par ordre de grandeur, et qui sont toutes réelles et positives.

» Cela posé, formons le produit

$$V \int_{\mathrm{x}}^{X} gV\varphi\, dx,$$

où x conserve hors du signe $\int$ la valeur déterminée entrant actuellement dans $\varphi + \alpha\varphi_1 +$ etc.; puis faisons successivement $r = r_1$, $r = r_2 \ldots$ dans ce produit, et désignons par r_m la première racine pour laquelle il ne s'évanouit pas. La série $\varphi + \alpha\varphi_1 + \alpha^2\varphi_2 + \ldots$ est convergente quand le module du paramètre α est inférieur à r_m, et divergente dans le cas contraire.

» Quant à la somme de la série $\varphi + \alpha\varphi_1 +$ etc., elle est évidemment égale à $\varphi + \alpha s$, s désignant une fonction de x et de α qui satisfait à la fois à l'équation indéfinie

$$\frac{d^2s}{dx^2} - \alpha gs = g\varphi$$

et aux conditions définies

$$s = 0 \quad \text{pour} \quad x = \mathrm{x}, \qquad \frac{ds}{dx} = 0 \quad \text{pour} \quad x = X.$$

» Une fonction $\psi(\alpha)$ est développable en série convergente ordonnée suivant les puissances entières et positives de α, tant que le module de α

reste inférieur au plus petit des modules de z pour lesquels une des deux fonctions $\psi(z)$, $\frac{d\psi(z)}{dz}$, cesse d'être finie et continue. Comme les formules dont s dépend ne sont pas trop compliquées, on peut appliquer à la série $\varphi + \alpha\varphi_1 +$ etc., ce théorème de M. Cauchy, et l'on retombe (je m'en suis assuré) sur la règle indiquée plus haut. Mais la méthode que j'expose de préférence dans mon Mémoire est différente : elle a l'avantage de fournir une expression très simple et très approchée de φ_n, lorsque l'indice n est très grand. D'ailleurs elle s'étend d'elle-même à une foule de séries dont la somme ne peut être trouvée par aucun moyen connu. Elle ramène par exemple l'étude de la série

$$A\varphi^i + A_1\varphi_1^i + A_2\varphi_2^i + \ldots + A_n\varphi_n^i + \ldots$$

à celle de la série plus simple

$$A + A_1 z + A_2 z^2 + \ldots + A_n z^n + \ldots$$

» On peut obtenir beaucoup d'autres théorèmes du même genre, soit en conservant entre φ_n et φ_{n+1} une relation de la forme

$$\varphi_{n+1} = \int dx \int g\varphi_n dx,$$

mais déterminant autrement les deux constantes relatives aux deux intégrations indiquées, soit en établissant entre φ_n et φ_{n+1} une relation plus compliquée et contenant le signe $\int$ un plus grand nombre de fois. »

OPTIQUE MÉTÉOROLOGIQUE. — *Sur un nouveau point neutre dans l'atmosphère; par* M. BABINET.

« La lumière du soleil réfléchie en tous sens par l'air serein est partiellement polarisée. Pour un point donné de l'atmosphère, le plan de polarisation de la portion de lumière polarisée qu'il nous envoie coïncide avec le plan qui passe par ce point, par l'œil de l'observateur et par le soleil. Cette polarisation, d'abord faible dans le voisinage du soleil, augmente graduellement jusqu'à une distance de l'astre à peu près égale à 90°, et diminue ensuite jusqu'à un point que l'analogie et les raisons de symétrie indiquent devoir être à 180° du soleil; et dans le voisinage de ce point, comme dans celui du soleil, la polarisation devrait être insensible. Au so-

leil levant et au soleil couchant le point de l'horizon diamétralement opposé au soleil devrait être le point neutre. Or c'est ce qui n'a pas lieu; car, suivant l'observation de M. Arago, auquel on doit tout ce que nous savons jusqu'ici sur la polarisation, les teintes et l'illumination de l'atmosphère, le point neutre, au lieu d'être à 180° du soleil, c'est-à-dire à l'horizon même, se trouve à une hauteur considérable, par exemple, à 20° ou 30° au-dessus de l'horizon.

» Dans un voyage que j'ai eu récemment l'occasion de faire sur les bords de la mer, je m'étais proposé de reconnaître si le point neutre de M. Arago varie de hauteur à mesure que le soleil s'élève ou s'abaisse, et même de l'observer quand le soleil est déjà sous l'horizon. L'illumination de l'atmosphère par le reflet de la mer au soleil couchant me paraissait devoir jouer un rôle important dans le phénomène; mais j'ai été distrait de cette recherche par une circonstance à laquelle j'étais loin de m'attendre: je veux dire l'existence d'un second point neutre au-dessus du soleil couchant, à peu près aussi élevé dans l'atmosphère que le point neutre de M. Arago dans la partie opposée du ciel. J'ai depuis constaté un grand nombre de fois la position de ce nouveau point neutre, qui apparaît à l'occident, même quand le soleil est encore sur l'horizon avant son coucher, et à l'orient quand il est déjà élevé de quelques degrés. Une estimé fort imparfaite m'a fait croire quelquefois que ce nouveau point neutre est un peu moins haut que celui de M. Arago; mais cette évaluation n'est fondée sur aucune mesure précise.

» Je me suis servi pour ces recherches de l'admirable polariscope de M. Savart, qui jette sur le ciel des bandes colorées qu'il est possible de suivre même dans les espaces inondés de lumière par le soleil à son lever et à son coucher, ce qu'aucun autre polariscope ne permet de faire avec autant de succès. Au reste, le nouveau point neutre que j'ai reconnu est assez tranché pour ne laisser aucun doute sur son existence, quoiqu'il soit sensiblement moins apparent que celui de M. Arago, ce qui tient peut-être à l'éclat plus grand de la lumière dans le voisinage du soleil. Ayant communiqué mon observation à M. Arago, qui a tant étudié l'optique météorologique (1), j'ai appris de lui qu'il n'avait pas reconnu ce second point neutre. J'aurais voulu attendre une occasion favorable de prendre des

---

(1) Ce fut en observant les couleurs que présentent les lames de mica éclairées par la lumière d'un ciel serein, que M. Arago découvrit la polarisation chromatique.

mesures de hauteur des deux points neutres, si M. Guérard, qui vient aussi de faire dans les Pyrénées des observations sur la polarisation de l'atmosphère, n'avait renvoyé la communication de ses résultats à l'Académie jusque après la remise de ma Note, par laquelle d'ailleurs je ne prétends établir en ma faveur aucune espèce de priorité. »

CHIMIE. — *Sur la chimie atomique; par* M. BIOT.

« M'étant proposé de réunir, dans un même ouvrage, les lois phénoménales des actions moléculaires qu'un grand nombre de substances exercent sur la lumière polarisée, et les applications que l'on a faites, ou qu'on peut faire de ces lois à l'étude des phénomènes chimiques, j'ai dû naturellement chercher les rapports intimes de ces deux ordres de faits, et m'efforcer de les mettre en évidence. Pour cela il m'a fallu considérer la chimie sous les deux points de vue de science expérimentale et rationnelle. Au premier titre, elle nous offre une collection immense de phénomènes, mystérieusement opérés par des actions à petites distances, qui s'exercent entre les dernières particules invisibles des corps, et dont l'analyse pondérale fixe toujours avec certitude une des conditions d'accomplissement, mais une condition attachée seulement à leur résultat final et complexe, non à leur principe physique et primordial. C'est dans le retour de ces effets, mesurés pour des masses sensibles, aux actions moléculaires dont ils dérivent, que réside la difficulté de convertir la chimie en une science mécanique : difficulté incomparablement plus grande qu'on ne l'a eue pour l'astronomie planétaire, où le petit nombre des corps qui réagissaient sensiblement les uns sur les autres; leur forme presque sphérique; leurs dimensions si petites comparativement à leurs intervalles qu'ils agissent presque comme de simples points; l'immense prédominance de masse de l'un d'eux, dans chaque système partiel; enfin jusqu'à la simplicité même de la loi de l'action, étaient autant de circonstances qui laissaient cette loi presque inaltérée, et pour ainsi dire apparente dans l'orbite visible et constamment observable que chaque planète ou chaque satellite décrit autour du corps principal de son système. Au lieu que, dans les phénomènes chimiques, où le nombre des particules qui réagissent simultanément les unes sur les autres est immense, on ignore leurs formes individuelles, leurs masses relatives, les rapports de leurs dimensions à leurs intervalles, les lois et la nature des forces qui les sollicitent, enfin les modes de mouvement qui en résultent, tout cela étant caché pour nos sens dans l'infiniment petit.

Mais c'est là aussi précisément ce qui fait l'importance de cette partie de la chimie qu'on peut appeler rationnelle plutôt que théorique; laquelle consiste d'abord à lier entre eux tous les résultats de l'analyse pondérale, en les exprimant toujours par de certains nombres constants pour chaque substance, et que j'appellerai leurs *équivalents numériques,* pour n'y attacher aucune hypothèse; puis à exprimer l'association de ces nombres, dans chaque produit complexe, par une notation littérale qui manifeste les proportions pondérales de ses principes constituants simples; puis enfin à choisir les valeurs de ces nombres, comme aussi à les grouper dans la notation littérale, de la manière la plus propre à représenter le mode de combinaison présumable de ces principes dans chaque produit, en même temps que les analogies de ce mode entre les produits divers. En effet, quoique l'accomplissement de ces deux dernières conditions présente des problèmes excessivement indéterminés, dont les solutions ne peuvent jamais être qu'empiriques, néanmoins, outre son utilité immédiate pour systématiser les résultats partiels, et les coordonner en faits généraux, il en a une autre plus cachée et plus éloignée sans doute, mais peut-être encore plus importante, qui est de manifester entre les résultats complexes des relations simples, tant physiques que numériques, dont les géomètres devront se servir un jour comme d'indices pour remonter par induction jusqu'aux forces moléculaires dont elles doivent résulter. Ces considérations m'ont fait mettre beaucoup de soin à établir d'abord les conditions expérimentales dans lesquelles nous voyons les phénomènes chimiques s'opérer; à exprimer ensuite sous la forme la plus générale, et indépendamment de toute hypothèse, les relations moléculaires que l'analyse pondérale donne le moyen d'établir dans les cas les plus simples, entre les produits composés et les substances composantes; puis à comparer ces résultats aux équivalents chimiques, ou poids atomiques, tels qu'on les emploie ou qu'on les interprète, et à voir si ces conceptions ont ou n'ont pas la signification physiquement moléculaire qu'on leur attribue généralement. C'est cette discussion préliminaire de mon ouvrage sur les propriétés optiques, que je desire soumettre à l'attention bienveillante des chimistes, comme une tentative pour rattacher au but le plus élevé de leur science, un nouveau procédé d'investigation qui me semble spécialement s'y appliquer.

» L'idée la plus générale, et en même temps la plus exacte que nous puissions avoir sur la constitution des corps matériels, d'après l'ensemble des expériences qui nous les rendent sensibles, c'est de les concevoir

composés de particules individuellement imperceptibles à nos sens par leur petitesse, cependant étendues, figurées, formant ainsi de petits corps distincts, doués comme les plus grands corps de l'attraction universelle, proportionnelle aux masses, et réciproque au carré des distances, et peut-être agissant aussi les uns sur les autres par d'autres forces plus rapidement décroissantes; mais toujours maintenus hors du contact, soit par une force répulsive propre, émanée d'eux-mêmes, soit par l'interposition de milieux matériels, sensiblement impondérables, qui les empêchent de se joindre, en leur résistant, ou les repoussant. L'essence individuelle, et les qualités propres de ces particules imperceptibles, constituent la nature chimique de chaque corps, laquelle persiste tant qu'elles-mêmes ne sont pas modifiées d'une manière durable, ou décomposées en d'autres systèmes corpusculaires, doués de propriétés différentes. Car de telles mutations peuvent être effectuées, ou plutôt provoquées, dans beaucoup de cas; non pas, à la vérité, par des opérations mécaniques, qui seraient infiniment trop grossières pour atteindre de si petites molécules, mais par des actions dynamiques émanées de particules dissemblables, ou en modifiant, soit la quantité, soit l'état des principes impondérables, particulièrement de l'électricité et du calorique attachés à leurs éléments matériels, ou interposés entre eux. Afin donc d'embrasser dans une définition commune toute la diversité possible de leur constitution simple ou complexe, je les nommerai désormais les *groupes matériels constituants des corps*, sans préjuger d'ailleurs si les principes impondérables qui les accompagnent toujours leur sont simplement interposés, ou en font essentiellement partie. Et j'achèverai de les caractériser en les considérant comme le dernier terme de subdivision que chaque corps puisse subir, sans se dénaturer chimiquement.

» Les corps matériels, considérés en masses de dimensions sensibles, doivent alors nous offrir, et nous offrent en effet, deux ordres de propriétés phénoménales tout-à-fait distinctes, dont les unes sont essentielles à leur substance, et la spécifient individuellement, au lieu que les autres n'en sont que des attributs accidentels. Les premières appartiennent aux groupes moléculaires constituants. Elles subsistent et se conservent inaltérées dans tous les états de désagrégation physique que l'on peut faire subir aux masses, sans modifier leur constitution intime. Les autres propriétés, au contraire, que l'on pourrait appeler contingentes, appartiennent accidentellement à l'ensemble des groupes formant la masse sensible du corps considéré. Elles caractérisent son volume actuel, son poids total, ses

dimensions, sa forme, son état d'agrégation plus ou moins régulier, plus ou moins résistant. On peut les modifier à volonté par des procédés mécaniques, sans que les propriétés moléculaires en ressentent aucun changement. Celles-ci font seules l'objet des études chimiques. Un corps de dimension sensible est chimiquement homogène, lorsque ses groupes moléculaires constituants sont identiques entre eux. Il est chimiquement hétérogène lorsqu'ils sont dissemblables; et quand cette dissemblance de groupes existe entre deux corps chimiquement homogènes, elle les rend chimiquement différents. Ils peuvent donc être tels par une différence de nature entre les éléments matériels qui composent leurs groupes constituants, ou par un arrangement différent des groupes secondaires dont ceux-ci se composent; ou, par une inégalité, soit de quantité, soit d'état des principes impondérables qui leur seraient intérieurement associés, ou enfin, par ces diverses circonstances réunies.

» Les petites dimensions des groupes moléculaires les rendant imperceptibles à nos yeux, même armés des plus puissants microscopes, on ne peut caractériser leur diversité, ou même la découvrir, que par la différence des effets sensibles opérés par les forces dynamiques qui en émanent. Ces effets sont de deux sortes: physiques ou chimiques. Les premiers, particuliers à certaines substances, consistent dans les déviations que leurs groupes moléculaires impriment aux plans de polarisation des rayons lumineux, en vertu d'un pouvoir spécial, qu'ils exercent individuellement, et dont l'énergie, ainsi que le sens de déviation sont indépendants de l'état actuel d'agrégation établi entre eux. Ce pouvoir, que j'ai appelé *rotatoire*, s'exerce, d'après cet énoncé même, sans décomposition des groupes actifs. Les effets chimiques, au contraire, consistent dans des réactions qui s'opèrent entre des groupes moléculaires de différentes nature, ou de constitution différente; et à la suite desquelles on trouve de nouveaux groupes formés, soit par la simple association des groupes primitifs en un système nouveau, où ils entrent sans s'être individuellement décomposés, soit par une séparation de leurs éléments matériels, et leur réorganisation en groupes composés différemment. Mon but est de montrer comment ces modifications des groupes primitifs peuvent être manifestées et caractérisées par l'observation du pouvoir rotatoire lorsqu'il les précède, ou qu'il en résulte. Pour cela il m'est nécessaire d'analyser le mode mécanique par lequel elles s'accomplissent, et de spécifier leurs principales lois jusqu'ici connues.

» Conformément à ce plan, je rappelle d'abord, et je définis les condi-

tions extérieures et sensibles dans lesquelles nous voyons les phénomènes chimiques s'opérer, afin de distinguer celles qui sont indispensables à leur accomplissement, comme la désagrégation, l'indépendance et la liberté de mouvement des groupes moléculaires, d'avec celles qui sont seulement déterminantes ou excitatrices, comme les attractions propres et mutuelles de ces groupes, ainsi que les actions qui peuvent être exercées sur eux par les principes impondérables qui leur sont combinés ou interposés. A ce sujet, je développe avec détail la possibilité que l'attraction chimique, quoique sensible seulement à des distances insensibles, dérivât de la seule gravitation universelle, modifiée dans l'expression de ses résultantes par la proximité des groupes moléculaires comparativement à leurs dimensions propres; de même que la précession des équinoxes, et la nutation de l'axe terrestre, qui sont indubitablement opérés par cette force unique, décroissent déjà en intensité comme les cubes et non plus comme le carré des distances qui séparent les corps réagissants.

» Ayant ainsi établi les conditions générales des réactions chimiques, avec toute l'indétermination de quantités que leurs particularités comportent, je choisis le mode de composition le plus idéalement simple que l'acte de la combinaison puisse opérer. Je considère seulement deux substances composantes, toutes deux chimiquement homogènes, c'est-à-dire ayant chacune ses groupes moléculaires propres identiques entre eux. Je suppose ensuite que l'on en forme une combinaison en proportions quelconques, mais dans laquelle chaque sorte de groupes entre intégralement, quoique d'ailleurs leurs éléments matériels puissent se séparer ensuite dans chaque groupe du produit formé, de manière à y prendre d'autres arrangements quelconques. J'ajoute enfin, pour dernière condition, que le produit formé soit lui-même chimiquement homogène; c'est-à-dire qu'il ne contienne qu'un seul ordre de groupes composés, identiques entre eux. J'examinerai tout-à-l'heure dans quels cas on peut présumer que cette simplicité de circonstances se réalise. Mais ici je me borne à l'établir, comme base de raisonnement.

» Dans ces conditions, chaque groupe composé ne peut contenir qu'un certain système de multiples entiers des groupes constituants. Ce mode de composition donne aussitôt l'expression la plus générale de son poids absolu, individuel, en fonction des poids analogues des groupes constituants, multipliés par des coefficients entiers, positifs, indéterminés.

» Mais l'indétermination se restreint par l'analyse pondérale effectuée sur des masses sensibles. En effet, le produit étant supposé ne contenir

que des groupes d'un seul ordre, conséquemment d'une seule forme numérique, les proportions pondérales des principes constituants sont, dans chaque groupe composé, les mêmes que dans le produit total. Empruntant donc ces proportions à l'analyse chimique, je les introduis dans l'expression du poids individuel du groupe composé. Elle se trouve alors être le produit de deux facteurs. L'un, numérique et connu, est précisément le nombre atomique ou proportionnel des chimistes. L'autre reste complétement indéterminé, sans que l'analyse chimique puisse donner aucune notion sur sa valeur.

» Ce résultat étant établi pour les combinaisons binaires, je l'étends aux combinaisons multiples, mais toujours sous la même restriction que le produit obtenu ne contienne qu'un seul ordre de groupes composés. Passant de là au cas où il en contiendrait de plusieurs ordres, je montre que l'indétermination y serait encore bien plus grande. Car alors l'analyse pondérale effectuée sur des masses sensibles, ne pourrait plus être transportée aux groupes mêmes, considérés individuellement. Elle donnerait seulement une condition moyenne de proportions pondérales à répartir entre eux, sans qu'on eût aucune notion quelconque sur la manière dont cette répartition doit être opérée.

» Quoique ces considérations mathématiques fussent suffisantes en elles-mêmes, pour prouver que les nombres représentatifs des chimistes ne sont pas proportionnels aux poids des groupes moléculaires réels, et n'ont avec eux aucune relation accessible, même par hypothèse, j'ai voulu rendre cette conséquence encore plus sensible, en les appliquant à des combinaisons véritables. Mais, pour cela, il fallait en choisir qui pussent avec vraisemblance être présumées contenir des groupes moléculaires d'un seul ordre, et non pas d'ordres divers.

» Ce caractère d'identité ou de diversité, ne pouvant être assigné d'après la seule analyse pondérale des produits, toujours effectuée sur des masses sensibles, il faut chercher à la conclure d'autres indices. On en trouve, sinon d'absolument certains, au moins d'extrêmement probables, dans les phénomènes de stabilité, ou de mutabilité, que les combinaisons présentent quand on les soumet à des actions extérieures, physiques ou chimiques; comme aussi dans la diversité plus ou moins tranchée des produits qu'elles forment, et des circonstances spéciales qui les déterminent. Par exemple, si l'on mêle ensemble un volume de gaz oxigène et deux de gaz hydrogène, pris dans des conditions égales de pression et de température, puis qu'on fasse traverser ce mélange par une étincelle élec-

trique, ou qu'on le mette en contact avec un corps solide incandescent, ou seulement qu'on le comprime vivement sur lui-même, en rétrécissant tout-à-coup l'espace qu'on lui laisse occuper, ce qui en fait sortir de la chaleur libre, il s'enflamme soudainement tout entier avec explosion, en dégageant une grande quantité de chaleur et de lumière; après quoi l'on ne retrouve plus les gaz libres, mais de l'eau liquide, qui a été constituée par leur combinaison, et dont le poids reproduit leurs poids total. Lorsque le mélange des deux gaz est fait en proportions quelque peu différentes de celles ci-dessus indiquées, l'eau se forme encore, et toujours en ces mêmes proportions fixes. Celui des deux qui les excède, reste à l'état de gaz libre pour tout son excès. Mais lorsque l'excès est exagéré au-delà de certaines limites; la combinaison ne s'opère que partiellement, entre les quantités présentes des deux gaz; de sorte qu'il en reste de l'un et de l'autre à l'état libre. Néanmoins les quantités combinées sont encore entre elles dans les mêmes proportions que précédemment, et le produit est encore de l'eau liquide, d'un poids égal à leur somme. Maintenant, si l'on échauffe cette eau, jusqu'à la convertir en vapeur élastique, ou si on la congèle par le refroidissement, elle n'éprouve point de décomposition, ni totale, ni partielle; mais on peut la décomposer dans le premier de ces deux états, en la faisant passer sur des métaux avides d'oxigène, et tenus à la température rouge, par exemple sur du fer. Alors le poids de l'oxigène absorbé, et le poids de l'hydrogène rendu libre, sont exactement dans le rapport que suppose la proportion des volumes ci-dessus exprimée; de sorte que la masse de vapeur qui n'a pas été décomposée n'a subi non plus aucune variation dans le rapport pondéral de ses principes constituants. Toutefois, et cette belle découverte est due à M. Thenard, en faisant sortir simultanément l'eau et l'oxigène de combinaisons où ils sont engagés, de manière qu'ils se trouvent en présence au moment où ils deviennent tous deux libres, on peut déterminer la combinaison, de cette eau, avec une nouvelle quantité d'oxigène, que des opérations réitérées amènent ainsi jusqu'à un poids exactement double de celui qu'elle contenait primitivement, sans que ce terme soit jamais dépassé. On obtient ainsi un nouveau liquide incolore, et sans odeur sensible comme l'eau, mais qui s'en distingue essentiellement par ses propriétés physiques et chimiques. Il est par exemple plus dense que l'eau, moins volatil, et ne se congèle pas à une température de 30° au-dessous de zéro. Mais il cède très facilement son excès d'oxigène aux corps qui ont la plus faible affinité pour ce principe. Il l'abandonne même tout entier au simple contact de certains métaux qui

n'ont pas d'action sensible sur l'eau naturelle; et, après que cet excès s'est dégagé, on trouve pour résidu de l'eau dans son état de composition primitif. La facilité de celle-ci à se former d'abord, avec les proportions fixes de volumes assignées aux deux gaz; sa persistance à se maintenir dans ces proportions sous l'influence d'actions physiques et chimiques très puissantes; enfin sa disposition et sa constance, pour y revenir, lorsqu'on l'a contrainte à se combiner avec une plus forte proportion d'oxigène, ne sont-ce pas là autant de caractères qui indiquent avec la plus grande vraisemblance, une constitution primitive de groupes moléculaires rigoureusement définie, particulièrement stable, d'une formation plus facile que toute autre, et devant ainsi exister seule, par préférence, lorsqu'elle peut se constituer librement? Toutes les substances simples, c'est-à-dire jusqu'à présent indécomposables, forment ainsi les unes avec les autres des combinaisons en proportions diverses, distinctement définies par leurs intervalles numériques, par leurs propriétés différentes, par leur stabilité individuelle, par la spécialité des circonstances qui déterminent chacune d'elles, et par leur invariable retour à quelqu'un de ces termes fixes, lorsqu'on les décompose incomplétement. Ce sont là ce que les chimistes appellent les combinaisons *de différents ordres*. Il est bien vraisemblable qu'alors chacun de ces produits est composé d'une seule sorte de groupes moléculaires identiques entre eux; et c'est là, en tout cas, le mode de constitution le moins complexe qu'on puisse leur attribuer. Mais on trouve aussi d'autres composés, particulièrement organiques, dont la constitution moléculaire semble ne pas offrir une si complète unité, tout en conservant dans leur ensemble une exacte constance de composition pondérale. Ainsi beaucoup d'huiles essentielles vaporisées, puis ramenées partiellement à l'état liquide, à diverses époques de leur distillation, se séparent en produits, que leur action sur la lumière polarisée montre composés de groupes moléculaires différents, quoique leur composition pondérale totale soit absolument la même. En réitérant la distillation de ces composés instables, on en trouve qui continuent toujours à se modifier moléculairement; mais, pour d'autres, cette modification a un terme qu'elle ne dépasse point, comme on le reconnaît par la permanence de leurs propriétés optiques. On pourrait donc présumer alors que ceux-ci sont arrivés à ne plus contenir qu'une seule espèce de groupes moléculaires identiques entre eux; au lieu que, jusque là, ils en contenaient de diverses espèces, assujétis à des proportions pondérales semblables, mais formés de multiples plus ou moins complexes, d'une même forme numérique, comme

les chimistes ont été souvent conduits à le supposer; ou peut-être encore identiques pour la forme numérique, avec un autre arrangement intérieur d'éléments matériels. Néanmoins, dans de tels cas, la supposition de l'identité des groupes dans le produit devenu constant, ne repose plus sur des indices aussi caractéristiques que dans les combinaisons de différents ordres, à intervalles brusques, séparés les uns des autres par des proportions numériques distinctes, constantes, bien définies, comme aussi par la spécialité des circonstances qui détermine chacun de ces ordres à se constituer isolément.

» Je reviens donc à celles-ci; et, comme exemple, je prends successivement les diverses combinaisons connues de l'azote, du soufre et du carbone avec l'oxigène. Considérant chacune d'elles comme composée d'un seul ordre de groupes moléculaires, j'introduis les résultats de l'analyse chimique dans l'expression individuelle de leurs poids absolus; puis je mets les valeurs, ainsi obtenus de ces poids, en comparaison avec les équivalents, ou poids atomiques, attribués aux mêmes produits; et je montre par les nombres ce que j'avais démontré généralement par les formules algébriques, savoir: qu'il n'y a point de proportionnalité nécessaire, ni même de relation légitimement supposable, entre les équivalents tels qu'on les calcule, et les poids des groupes moléculaires réels. Comme confirmation de cette conséquence, je rappelle que, d'après ce qui a été démontré plus haut, la non-identité des groupes dans chaque produit, si on voulait l'admettre par hypothèse, ne ferait qu'éloigner encore davantage ces relations.

» Ceci me fournit l'occasion d'introduire la notation littérale, généralement adoptée par les chimistes pour exprimer la composition pondérale de leurs produits. J'en fais sentir l'utilité, et les applications distinctes, tant à la classification de chaque série de produits de différents ordres, formés par les mêmes substances, qu'à la manifestation de ses rapports analogiques avec toutes les autres. L'emploi rationnel de la notation pour ce but élevé, le plus élevé en effet que la chimie puisse se proposer d'atteindre, offre un de ces exemples, si fréquents dans les sciences exactes, de l'influence que les notations bien faites exercent sur l'esprit pour suggérer des idées, et développer des relations abstraites ou phénoménales, dont l'existence se trouvait implicitement, mais non intentionnellement, comprise dans leur conception. Toutefois, les signes écrits fixent les notions fausses aussi solidement que les véritables, et ils les impriment dans l'intelligence avec la même ténacité, ce qui rend excessivement dangereux de les y introduire. C'est pourquoi, en m'appuyant sur ce qui précède, je fais remar-

quer combien de fictions et d'illusions, fatales aux progrès de la chimie rationnelle, peuvent naître de ce seul mot de poids atomiques, substitué à celui d'équivalents chimiques employé d'abord par Wollaston avec tant de justesse, lorsqu'en effet ces poids fictifs n'ont aucune connexion physique saisissable avec les vrais poids des groupes moléculaires réels.

» En spécialisant ces groupes pour les substances simples, ou jusqu'à présent indécomposables, comme des corpuscules qui entrent intégralement dans toutes les combinaisons que nous savons former, je n'ai pas voulu dire qu'ils ne fussent pas matériellement subdivisibles. Car leur constitution, au contraire, pourrait encore être fort complexe, quoique nous ne sachions pas exercer sur eux des actions capables de séparer leurs éléments constitutifs, de manière à nous les faire saisir isolément; et cette séparation pourrait même s'opérer dans quelques-unes des combinaisons où on les engage, sans subsister après qu'elles sont désunies. Mais en nous bornant à considérer ces groupes dans leur individualité naturelle, c'est-à-dire comme le dernier terme de subdivision que chaque substance puisse subir, sans se dénaturer chimiquement, nous ne sommes jamais assurés de les obtenir aussi simplifiés, même lorsque nous mettons les substances dans l'état gazeux. Car les groupes moléculaires qui les constituent physiquement dans cet état, pourraient bien être des multiples très nombreux de leurs derniers groupes chimiques, dont la complication varierait avec la température. Sans rien préjuger sur l'étendue possible de ces diverses agglomérations, nous avons du moins, dans l'état gazeux, le dernier degré d'atténuation physique que nous puissions y produire; et nous devons en conclure que les lois mécaniques des combinaisons se manifesteront avec plus de simplicité, dans cet état, que dans tout autre. Or, en effet, cette induction reçoit une confirmation bien remarquable du fait suivant, qui a été découvert et constaté par M. Gay-Lussac, savoir: que les produits aériformes, résultants de la combinaison de plusieurs autres gaz, étant considérés dans les mêmes circonstances de pression et de température que leurs principes constituants, contiennent toujours, sous un volume donné, une somme de multiples entiers, ou de sous-multiples très simples, des volumes de ces principes. Et, comme tous les gaz jusqu'ici étudiés se dilatent également par des variations égales de pression et de température, la composition pondérale d'un volume, ainsi exprimée, donne alors, sous la même forme simple, la densité du produit à l'état gazeux, en fonction des densités des gaz constituants. Même, lorsque le produit se presente pas dans cet état, si on l'analyse tel qu'il existe, on le

trouve toujours formé par des proportions de volumes très simples des substances qui le composent; et cette simplicité de rapports est si évidente, comme si générale, qu'on doit avec toute vraisemblance la considérer comme inhérente aux conditions mécaniques par lesquelles les combinaisons s'opèrent dans l'état de gaz.

» Ce résultat est si important par lui-même, et si fécond par ses conséquences, qu'avant de l'introduire dans les expressions pondérales des groupes moléculaires complexes, j'ai jugé utile d'en effectuer rigoureusement la vérification numérique pour diverses combinaisons gazeuses où l'on peut complétement l'éprouver, afin de constater par les nombres mêmes, si, dans l'état actuel de nos connaissances, on peut l'admettre comme une loi naturelle absolue, ou seulement approximative; ce qui, sous le point de vue théorique de la science, constitue une importante distinction.

» Cette vérification est très facile, lorsqu'on connaît les densités des gaz constituants, celle de leur produit gazeux, et la proportion de volumes suivant laquelle ils se combinent pour le former. Prenons pour exemple la formation de l'eau : d'après les expériences de MM. de Humboldt et Gay-Lussac, la proportion des volumes y est de deux de gaz hydrogène pour un de gaz oxigène. Les densités de ces deux gaz sont connues. Adoptons celles de MM. Dulong et Berzélius : d'une autre part, la densité de la vapeur aqueuse se conclut directement d'expériences faites avec beaucoup de soin par M. Gay-Lussac. En combinant ces données par le calcul, on trouve qu'un volume de gaz oxigène, combiné avec deux volumes de gaz hydrogène, constituent très approximativement deux volumes de vapeur, ce qui est en effet un rapport bien simple. Mais, en se tenant à la rigueur des nombres, ces deux volumes de vapeur résulteraient réellement de 1,0056 de gaz oxigène, combiné avec 2,0113 de gaz hydrogène. La différence de cet énoncé au résultat simple serait, sans doute, presque toujours négligeable dans les expériences habituelles; et elle est d'ailleurs elle-même suspecte de toutes les petites erreurs qui affectent les données expérimentales employées dans le calcul. Mais au nombre de ces données se trouve la proportion simple des volumes. Est-on assuré qu'elle soit exacte jusque dans les millièmes? et jusqu'à quelle décimale en peut-on répondre?

Voici d'autres exemples. Les chimistes admettent généralement que le gaz oxigène ne change pas de volume quand le soufre s'y combine pour former le gaz acide sulfureux, et le charbon pour former le gaz acide carbonique. Prenons d'abord le premier cas. M. Thenard a déterminé la den-

sité du gaz acide sulfureux par trois expériences, qu'il dit n'avoir différé entres elles que dans les millièmes. D'une autre part, M. Berzélius a fait, avec beaucoup de soin, l'analyse pondérale de ce gaz; et enfin la densité du gaz oxigène paraît assez bien connue, puisque la valeur que lui ont attribuée MM. Dulong et Berzélius diffère à peine de celle que nous avions obtenue, M. Arago et moi, bien auparavant. Combinez ces données; elles vous diront que 1 volume de gaz acide sulfureux ne contient pas exactement un volume de gaz oxigène, mais 1,01 de volume, ce qui serait très différent pour la loi de simplicité des rapports. A la vérité, il y a eu sans doute de petites erreurs dans l'analyse pondérale du produit, et dans la mesure de sa densité. Peut-être aussi le gaz acide sulfureux, lorsqu'on le pèse, est-il trop voisin de son point de liquéfaction, pour que la loi générale de dilatation des gaz permanents s'y applique en toute rigueur? ou peut-être la vapeur du soufre, qui, d'après les expériences de M. Dumas, est si dense, porterait-elle déjà, dans sa combinaison avec l'oxigène, quelques traces de cette complication qui se manifeste généralement dans l'état de liquidité? Toutes ces choses sont possibles; comme il le serait aussi que des expériences réitérées et encore plus exactes fissent disparaître cet écart de $\frac{1}{100}$ de volume. Mais il ne serait pas non plus hors de vraisemblance que, dans sa combinaison avec le soufre, le gaz oxigène se contractât d'une quantité de cet ordre. Et en effet, M. Gay-Lussac lui-même dit avoir trouvé que 100 parties en volume de ce gaz lui ont toujours donné un peu moins de 100 parties de gaz acide sulfureux.

» Les résultats de la combustion du carbone, publiés dernièrement par MM. Dumas et Stass, conduisent à une conséquence semblable (1). Si l'on emploie leurs nombres, avec les densités des gaz oxigène et acide carbonique de MM. Dulong et Berzélius, on trouve que 1 volume de ce dernier gaz ne contiendrait pas, comme on le suppose généralement, 1 volume exact de gaz oxigène, mais 1,00556, de sorte qu'il y aurait encore une petite contraction de ce gaz dans la combustion du charbon. Les densités trouvées par M. Arago et moi, réduiraient ce nombre à 1,00143; c'est-à-dire qu'elles rendraient sa différence avec l'unité quatre fois moindre, en la laissant de même sens. Et aussi, pour la composition de la vapeur aqueuse,

(1) *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences*, 17 août 1840. D'après les expériences de ces deux savants, la proportion pondérale du carbone à l'oxigène, dans l'acide carbonique, est $\frac{75}{200}$, ou $\frac{3}{8}$.

elles réduiraient l'écart de la loi simple des volumes à moins de moitié, en lui donnant un sens contraire. Mais, malgré les soins que nous avons tâché de mettre, M. Arago et moi, dans nos déterminations, je n'oserais les croire plus exactes, ou même aussi exactes que celles de MM. Dulong et Berzélius, faites tant d'années plus tard, avec la réunion de secours que pouvaient leur fournir la chimie et la physique perfectionnées, et appliquées par eux-mêmes.

» On ne pensera pas, j'espère, et M. Gay-Lussac moins que personne, que les réflexions précédentes tendent à diminuer l'importance de sa remarque sur la simplicité des rapports de volumes dans lesquels les gaz se combinent entre eux. Je demande au contraire que l'on fasse maintenant des expériences assez précises pour élever, s'il est possible, cette simplicité au rang des lois naturelles et absolues, ou pour fixer la limite de sa précision si elle est seulement approximative. On retrouve ici un cas tout pareil à celui qui s'offrit aux géomètres dans les premiers temps qui suivirent la découverte de l'attraction. Il était de la dernière importance de savoir si la loi simple du carré des distances était ou n'était pas rigoureuse; et l'on ne pouvait le décider qu'en déduisant de son application les phénomènes planétaires les plus complexes. Un calcul imparfait fit d'abord supposer qu'elle ne donnait que la moitié juste du mouvement de l'apogée lunaire, et l'on doutait s'il n'y aurait pas quelque altération à y faire pour l'appliquer spécialement à ce satellite. Mais une approximation poussée plus loin, prouva qu'elle donnait le mouvement de l'apogée tout entier; et la même rigueur de déduction, portée depuis dans tous les détails des mouvements planétaires, l'a élevée au premier rang des lois naturelles. M. Gay-Lussac ne désapprouvera point que je réclame aussi les épreuves rigoureuses qui peuvent donner un caractère semblable à la simplicité de relations qu'il a le premier reconnue. Et si la grandeur de l'exemple que j'ai rappelé m'autorise à exprimer ici ma pensée tout entière, j'oserai dire, en général, qu'en s'efforçant, comme on le fait aujourd'hui, de donner à l'analyse pondérale le dernier degré d'exactitude qu'elle puisse atteindre, il ne faudrait pas astreindre toujours, et trop obstinément, ses résultats numériques à des conditions de simplicité, qui pourraient quelquefois n'avoir qu'un très haut degré d'approximation, surtout dans les produits les plus complexes, sans devoir y être absolument rigoureuses; car on ferait peut-être ainsi disparaître des indices de phénomènes réels, qu'il serait très important de suivre pour éclairer la mécanique des combinaisons.

» La discussion précédente étant terminée, je reprends les expressions pondérales des groupes moléculaires réels qui constituent les produits

composés ; et, considérant leurs principes composants dans l'état gazeux, j'y exprime les proportions de poids de ces principes, par des rapports de volume. On voit alors par les formules mêmes que les poids des groupes tant simples que complexes, ne peuvent pas être supposés généralement proportionnels aux densités des milieux qu'ils constitueraient dans l'état gazeux ; ce qui les y mettrait en même nombre à volume égal. Cette égalité ne pourrait avoir lieu que sous des conditions numériques très particulières, et l'expérience la dément dans beaucoup de cas, comme M. Dumas l'a, je crois, le premier remarqué. L'introduction des rapports de volumes ne change d'ailleurs rien aux poids absolus des groupes composés, puisqu'elle ne fait qu'y exprimer les mêmes proportions pondérales sous une autre forme; et les valeurs de ces poids n'en restent pas moins inévitablement indéterminées. Mais cette nouvelle forme changeant les expressions littérales des produits, dans la notation chimique, présente leur composition individuelle sous un aspect physique plus saisissable, et manifeste entre eux des analogies très profondes que l'expression abstraite des proportions pondérales n'aurait pas indiquées. C'est ce que je m'attache à faire voir sur les séries mêmes de combinaisons que j'avais prises pour exemples.

» Si je ne me suis pas égaré dans cette exposition, que j'ai cherché à rendre exempte de toute hypothèse, on devrait tenir pour certain que les nombres employés aujourd'hui comme équivalents chimiques des diverses substances, ou leurs poids atomiques, ainsi qu'on les appelle, n'ont aucune relation, je ne dis pas seulement de proportionnalité, mais aucune relation quelconque, connue ou déterminable avec les poids des groupes moléculaires réels qui constituent chimiquement les corps. Je me hâte d'ajouter que cette conclusion a été pleinement confirmée par des expériences nombreuses que j'ai faites à dessein pour l'éprouver, et dont j'aurai occasion de mentionner plus tard les résultats généraux. Mais alors, en voyant que ces nombres ont cependant une utilité si étendue, et une efficacité si évidente pour exprimer les lois de dérivation successive des composés de différents ordres, dans chaque série de produits, comme aussi pour manifester les analogies des diverses séries entre elles, on est conduit à se demander s'il ne serait pas possible de les rattacher à quelque autre notion physique, qui expliquât, ou au moins qui fît entrevoir, en quelle qualité ils interviennent dans le mécanisme des combinaisons; afin que de là on pût inférer les conditions de choix les plus propres à leur donner un caractère réellement phénoménal. Cette spécification est beaucoup plus difficile à fixer qu'il ne l'a été d'exclure celle qu'on leur attribuait. Aussi,

sans me flatter de pouvoir l'établir, j'essaierai seulement, dans une lecture prochaine, d'ouvrir au moins la route qui pourra un jour y conduire, en se guidant sur leurs applications mêmes. Pour cela, je rappellerai les diverses considérations physiques et chimiques par lesquelles on détermine les valeurs actuellement attribuées aux équivalents, ou que l'on a proposé d'employer comme principe général de leur choix. Je chercherai les caractères communs que ces déterminations leur donnent; et, en confirmant par cette épreuve inverse, qu'ils ne peuvent pas avoir une application moléculaire, je tâcherai de montrer quel serait, dans l'état actuel de nos connaissances, le mode d'intervention le plus vraisemblable qu'on pourrait leur attribuer dans le mécanisme des combinaisons. »

M. **Milne Edwards** présente à l'Académie le troisième et dernier volume de son *Histoire naturelle des Crustacés*. La première partie de ce volume, contenant l'histoire des Amphipodes, des Isopodes, des Læmodipodes et des Trilobites, avait déjà été offerte à l'Académie dans sa séance du 27 janvier 1840. La portion qui y fait suite, et qui complète ce Traité, est consacrée à la description des Branchiopodes, des Entomostracés, des Crustacés suceurs et des Xyphosures. M. Milne Edwards fait remarquer que cet ouvrage est le premier *Species* qui ait été publié sur cette classe d'animaux.

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

M. **Despierres** adresse une Note ayant pour titre : *Instruments de météorologie traçant leur marche*.

L'auteur s'est proposé de munir chacun des principaux instruments dont les météorologistes font usage d'un appareil destiné à indiquer leur marche dans les vingt-quatre heures par une ligne continue dont chaque point, par son ordonnée, représente l'état de l'instrument au moment indiqué par l'abscisse correspondante. La Note offre la figure et la description de chacun de ces appareils.

(Commissaires, MM. Pouillet, Gambey.)

M. **Guyon** qui, dans la séance du 28 septembre, avait présenté un Mémoire sur une maladie des pays tropicaux connue sous le nom de *ver au fon-*

dement, adresse diverses parties du canal intestinal d'un individu qui a succombé à cette affection.

(Renvoi à la Commission chargée de l'examen du Mémoire.)

CORRESPONDANCE.

M. Flourens fait hommage à l'Académie, au nom de l'auteur, M. Carus, d'un ouvrage, fruit de trente ans de travaux, et portant pour titre : *Système de physiologie*. (Voir au *Bulletin bibliographique*.)

M. Flourens est chargé de rendre un compte verbal de cet ouvrage, écrit en allemand.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Isomorphisme de l'oxaméthane et du chloroxaméthane*. — Note de M. de La Provostaye.

« Parmi les nombreuses et importantes recherches auxquelles la théorie des substitutions a déjà donné naissance, l'une des plus remarquables, sans contredit, est le travail de M. Malaguti sur l'éther chloroxalique. Nous y voyons deux séries complètes de produits tous dérivant les uns des autres sans destruction et par de simples combinaisons ou transformations, séries qui nous offrent constamment, d'un côté de l'hydrogène, et de l'autre du chlore le remplaçant atome à atome. Certainement il est impossible d'imaginer un isomorphisme chimique mieux établi et plus parfaitement caractérisé. Néanmoins je ne sache pas que, ni pour ces produits, ni pour les produits obtenus par de semblables substitutions, on ait pu jusqu'ici constater l'isomorphisme cristallographique. Le plus souvent, en effet, les deux substances ou du moins l'une d'elles ne cristallise pas et se refuse à toute mesure exacte. Pour quiconque se rappelle les belles recherches de M. Mitscherlich et les conséquences si importantes qui en découlent, il était pourtant du plus haut intérêt d'arriver sur ce point à une solution précise. Le chlore peut-il se substituer à l'hydrogène? Peut-il le remplacer sans altérer le groupement chimique, sans modifier l'arrangement moléculaire? Ceci maintenant ne peut plus guère être l'objet d'un doute. Peut-il enfin le remplacer sans altérer la forme cristallographique? L'obligeance de M. Malaguti me permet de répondre à cette question. Ce chimiste a bien voulu me confier des cristaux d'oxaméthane

et chloroxaméthane. Ils sont parfaitement beaux et susceptibles de mesure. Or il résulte de leur examen que ces deux substances sont isomorphes; c'est-à-dire que les formes des deux espèces de cristaux peuvent dériver d'une même forme fondamentale. La mesure des angles qui, dans les deux cristaux, appartiennent à cette forme fondamentale, n'a donné que des différences qui tombent entre celles qu'ont présentées deux mesures consécutives d'un même travail. »

GALVANOPLASTIQUE. — *Reproduction de planches gravées en taille-douce.*

M. **Richoux** met sous les yeux de l'Académie trois planches de cuivre, dont la première est gravée au burin par les procédés ordinaires; la seconde, obtenue par les procédés galvanoplastiques de M. Jacoby, offre la contre-épreuve de la première, et présente en relief tout ce qui se trouve exprimé en creux dans celle-ci; la troisième enfin, contre-épreuve de la seconde, est par conséquent toute semblable à la planche originale et peut donner à l'impression des épreuves identiques.

Afin de montrer combien la reproduction est fidèle, M. Richoux présente deux épreuves comparatives obtenues, l'une avec la première planche et l'autre avec la troisième.

L'Académie accepte le dépôt de cinq *paquets cachetés* portant les suscriptions suivantes :

Analyse de la voix, machines imitant la voix humaine; par M. **Despierres.**

Étude comparée de l'arsenic et de l'antimoine; par M. **Jacquelain.**

Note sur un nouveau mode de traitement dans les maladies du col de l'utérus; par M. **Gabiel.**

Résultats nouveaux sur la météorologie et l'électricité; par M. **Peltier.**

Nouveau moyen d'alimenter les classes pauvres; par M. **Bastier.**

A quatre heures et demie l'Académie se forme en comité secret.

La séance est levée à six heures et un quart. F.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

L'Académie a reçu dans cette séance les ouvrages dont voici les titres :

Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des Sciences, 2e semestre 1840, n° 15, in-4°.

Annales de Chimie et de Physique; par MM. GAY-LUSSAC, ARAGO, CHEVREUL, SAVARY, DUMAS, PELOUZE, BOUSSINGAULT et REGNAULT; juillet 1840; in-8°.

Bulletin de l'Académie royale de Médecine; sept. 1840, in-8°.

Histoire des Crustacés; par M. MILNE EDWARDS; 30e liv., tome 3, in-8°.

Mémoires de l'Académie des Sciences, Agriculture, Arts et Belles-Lettres d'Aix; 1839 et 1840, in-8°.

Séance publique de l'Académie des Sciences, Arts et Belles-Lettres d'Aix, 1839 et 1840; in-8°.

Rapport sur les Travaux géographiques et statistiques exécutés dans toute l'étendue du territoire de Venezuela, par M. le colonel Codazzi; par M. S. BERTHELOT; in-8°. (Extrait du *Bulletin de la Société de Géographie*.)

Mémorial encyclopédique et progressif des Connaissances humaines; sept. 1840, in-8°.

Journal de l'Institut historique; sept. 1840, in-8°.

Revue progressive de l'Agriculture et du Jardinage; oct. 1840; in-8°.

Maison rustique. — Journal d'Agriculture pratique; oct. 1840, in-8°.

Amphibia europæa ad Systema nostrum vertebratorum ordinata; auctore C.-L. BONAPARTE, Muxiniani principe; in-4°.

Experimental... *Recherches expérimentales sur l'Électricité; par* M. FARADAY; 16e et 17e série. (Extrait des *Transactions philosophiques* pour l'an 1840.) Londres, 1840, in-4°.

IX A Letter.... *Lettre au professeur Faraday sur certaines opinions théoriques; par* M. R. HARE, professeur de chimie à l'université de Pensylvanie. (Extrait du *philosophical Magazin*, n° de juillet 1840.) In-8°.

System der.... *Système de Physiologie; par* M. CARUS; 3 vol. in-8°; Dresde et Leipzig, 1838—1840. (M. Flourens est chargé d'en rendre un compte verbal.)

Intorno al Sistema . . . *Essais sur le Système hydraulique du Pô, sur les différents changements qu'il a subis, et sur les principaux ouvrages exécutés ou proposés dans le but de régler le cours de ce fleuve; par* M. LOMBARDINI; Milan, 1839, in-4°.

Gazette médicale de Paris; n° 42, in-4°.

Gazette des Hôpitaux, n°s 121—123, in-fol.

L'Expérience, journal; n° 172.

La France industrielle; 15 oct. 1840.

Errata. (Séance du 12 octobre.)

Page 587, ligne 21, *au lieu de* $s_{,}$, *lisez* $\bar{s}_{,}$

Page 588, ligne 11, *au lieu de* $\tau_{,}$, *lisez* $\bar{\tau}_{,}$

Page 592, ligne 14, *au lieu de* $[s_{,}, \mathfrak{R}']$, *lisez* $[s_{,}, \mathfrak{R}']'$

Page 598, après le titre du Mémoire de M. DUVERNOY, sur le genre Képone, *ajoutez :* (Commissaires, MM. Duméril, Audouin, Milne Edwards.)

Page 698, ligne 29, *ajoutez :* M. Sturm est chargé de rendre un compte verbal de l'ouvrage de P. BADANO, *sur la résolution générale des équations numériques*.

COMPTE RENDU

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 26 OCTOBRE 1840.

PRÉSIDENCE DE M. PONCELET.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Mémoire sur la convergence et la transformation des séries;* par M. AUGUSTIN CAUCHY.

« J'ai donné depuis long-temps, dans l'*Analyse algébrique*, un théorème général, qui a paru digne de l'attention des géomètres, sur la convergence des séries ordonnées suivant les puissances ascendantes et entières d'une variable x, soit réelle, soit imaginaire; et j'ai fait voir qu'*une semblable série était convergente ou divergente suivant que le module de la variable était inférieur ou supérieur à l'unité divisée par une certaine limite, cette limite étant la plus grande de celles vers lesquelles converge la racine $n^{ième}$ du coefficient de x^n*. On sait d'ailleurs que j'avais établi ce théorème en réduisant la condition de convergence d'une série quelconque

$$u_0,\ u_1,\ u_2,\ \ldots\ u_n,\ \ldots,$$

à la condition de convergence d'une progression géométrique

$$1,\ u,\ u^2,\ \ldots\ u^n,\ \ldots.$$

Or c'est aussi une réduction du même genre, opérée à l'aide de formules propres à convertir les fonctions en intégrales définies, qui m'a conduit au nouveau théorème énoncé et développé, non-seulement dans les Mémoires lus ou publiés à Turin en 1831 et 1832, mais aussi dans une lettre adressée à M. Coriolis, sous la date du 29 janvier 1837, théorème dont j'ai donné une démonstration élémentaire dans mes *Exercices d'analyse* et dans les *Comptes rendus* de la présente année. Suivant ce théorème, tel qu'on le trouve inséré dans le *Compte rendu* de la séance du 22 juin dernier, *une fonction d'une ou de plusieurs variables est développable en série convergente ordonnée suivant les puissances ascendantes de ces variables, tant que les modules de ces variables conservent des valeurs inférieures à celles pour lesquelles la fonction ou ses dérivées du premier ordre pourraient devenir infinies ou discontinues.*

» Comme je l'ai observé dans ma lettre à M. Coriolis (voir les *Comptes rendus* des séances de l'année 1837, 1er semestre, p. 216), et dans la séance du 22 juin, le théorème dont il s'agit ne s'applique pas seulement aux séries qui représentent les développements des fonctions explicites ou les racines des équations algébriques ou transcendantes. Il est applicable aux séries mêmes qui représentent les intégrales générales d'un système d'équations différentielles, par exemple, les intégrales générales des équations de la Mécanique céleste. Il y a plus, il serait applicable à des séries qui représenteraient les intégrales générales ou particulières d'une équation ou d'un système d'équations aux dérivées partielles, ou aux différences finies, ou aux différences mêlées. En général, pour l'application de ce théorème, il n'est nullement nécessaire que l'on connaisse, sous forme explicite, la somme d'une série; il suffit que l'on puisse reconnaître dans quels cas la somme de la série et la somme de sa dérivée deviennent infinies ou discontinues.

» On voit donc que le théorème dont il s'agit ne se borne pas à établir une relation singulière entre les conditions de convergence de quelques séries, et la résolution numérique de certaines équations transcendantes, ni même à fournir des règles commodes pour la convergence des séries qui proviennent de l'application de la formule de Lagrange et des autres formules analogues employées par les géomètres pour développer les racines des équations. Si, appliqué à la théorie du mouvement elliptique d'une planète, ce théorème reproduit une formule de M. Laplace, s'il peut être considéré comme une extension de la proposition contenue dans cette formule, c'est uniquement dans le sens où l'on peut dire que

les formules de Taylor et de Maclaurin sont une extension de la formule algébrique connue sous le nom de binome de Newton.

» Au reste, le théorème en question vient d'être soumis à une épreuve nouvelle et décisive, qui a montré combien il est propre à fournir les véritables règles de la convergence des suites. Un de nos savants confrères a lu, dans la dernière séance, une Note intéressante et relative aux conditions de convergence d'une classe générale de séries. Je n'assistais pas à cette lecture; mais, au moment où j'arrivai, il eut la bonté de m'en indiquer l'objet. Je lui dis alors qu'il me paraîtrait utile d'examiner si la règle de convergence à laquelle il était parvenu ne serait pas un corollaire de mon théorème. Notre confrère a bien voulu avoir égard à ma demande, et j'apprends, par le *Compte rendu* de la séance, qu'il y a coïncidence parfaite entre la règle qu'il avait obtenue et celle que mon théorème pourrait donner.

» Les intégrales d'un système d'équations différentielles, comme nous l'avons expliqué ailleurs, se trouvent toutes comprises dans l'intégrale générale de l'équation caractéristique, et l'on peut de cette dernière équation déduire la valeur de chaque inconnue, ou d'une fonction quelconque des inconnues, développée en série. D'ailleurs la série qui représentera cette fonction cessera généralement d'être convergente pour certaines valeurs de la variable indépendante, comme aussi pour certaines valeurs de l'un quelconque des paramètres compris dans les équations différentielles, ou bien encore de l'une quelconque des constantes arbitraires introduites par l'intégration. Or, d'après le théorème ci-dessus rappelé, les règles de convergence d'une semblable série seront faciles à établir, et la série sera convergente tant que la fonction ou sa dérivée ne deviendront pas infinies ou discontinues. Nous avons d'ailleurs donné dans le *Cours d'Analyse* de seconde année de l'École Polytechnique, et nous avons déjà rappelé, dans la séance du 22 juin, les conditions qui doivent être généralement remplies pour que chaque inconnue reste fonction continue de la variable indépendante et des constantes arbitraires introduites par l'intégration.

» Lorsque les intégrales d'un système d'équations différentielles s'obtiennent en termes finis, on peut appliquer ou la formule de Lagrange, ou d'autres formules analogues, au développement de ces intégrales en séries. Les nouvelles séries, obtenues par ce moyen, doivent coïncider au fond avec celles que l'on déduirait de la considération de l'équation caractéristique, et offrent des transformations souvent remarquables de

ces dernières. Ajoutons que les termes généraux des unes ou des autres peuvent encore, dans un grand nombre de cas, être représentés par des intégrales définies semblables à celles que j'ai considérées dans mon Mémoire de 1832 sur la Mécanique céleste.

» Observons enfin que la racine $n^{\text{ième}}$ du $n^{\text{ième}}$ terme de chaque série doit, pour de grandes valeurs de n, et en vertu des principes établis dans mon *Analyse algébrique*, se réduire sensiblement à l'unité au moment où chaque série cesse d'être convergente. Donc, si la série est ordonnée suivant les puissances ascendantes et entières d'un paramètre α, la racine $n^{\text{ième}}$ du coefficient de α^n devra, pour de grandes valeurs de n, se réduire sensiblement à l'unité divisée par le module de α, pour lequel la série cessera d'être convergente, ou, ce qui revient au même, par le plus petit des modules de α qui rendront infinie ou discontinue la fonction qui représente la somme de la série, ou la dérivée de cette fonction prise par rapport au paramètre α.

ANALYSE.

§ I^{er}. *Considérations générales sur la convergence des séries qui représentent les intégrales d'un système d'équations différentielles.*

» Soit donné entre la variable indépendante t et diverses inconnues ou variables principales $x, y, z, \ldots$ un système d'équations différentielles de la forme

$$(1) \qquad D_t x = P, \qquad D_t y = Q, \ldots$$

P, Q,... désignant des fonctions données de toutes les variables $x, y, z, \ldots t$. Soit en outre

$$s = f(x, y, z, \ldots)$$

une fonction quelconque des seules variables principales $x, y, z, \ldots$ Enfin nommons

$$\theta, \mathrm{x}, \mathrm{y}, \mathrm{z}, \ldots \qquad \varsigma, \mathfrak{P}, \mathfrak{Q}, \ldots$$

un second système de valeurs correspondantes des variables et fonctions

$$t, x, y, z, \ldots \qquad s, P, Q, \ldots$$

On aura encore

$$(2) \qquad D_\theta \mathrm{x} = \mathfrak{P}, \qquad D_\theta \mathrm{y} = \mathfrak{Q}, \ldots$$

Cela posé, comme les inconnues $x, y, z, \ldots$ se trouveront complétement déterminées par la double condition de vérifier, quel que soit t, les équations (1), et pour $t = \theta$ les formules

(3) $$x = \mathrm{x}, \quad y = \mathrm{y}, \quad z = \mathrm{z}, \ldots$$

$x, y, z, \ldots$ et même s pourront être considérés comme des fonctions déterminées, non-seulement de la variable indépendante t, mais encore de

$$\mathrm{x}, \mathrm{y}, \mathrm{z}, \ldots \theta;$$

et alors s lui-même se trouvera complétement déterminé par la double condition de vérifier, quel que soit t, l'équation caractéristique

(4) $$(\mathrm{D}_\theta + \square)s = 0,$$

la valeur de la caractéristique $\square$ étant

(5) $$\square = \mathcal{P}\mathrm{D}_\mathrm{x} + \mathcal{Q}\mathrm{D}_\mathrm{y} + \ldots,$$

et, pour $t = \theta$, la formule

(6) $$s = \varsigma = \mathrm{f}(\mathrm{x}, \mathrm{y}, \mathrm{z}, \ldots).$$

Si maintenant on nomme

$$\square_{,}, \square_{,,}, \ldots$$

ce que devient $\square$ quand on y remplace successivement θ par diverses variables

$$\theta_{,}, \theta_{,,}, \ldots,$$

la valeur de s, développée en série, sera, comme nous l'avons dit ailleurs,

(7) $$s = \varsigma + \int_\theta^t \square_{,}\varsigma\, d\theta + \int_\theta^t \int_\theta^t \square_{,}\square_{,,}\varsigma\, d\theta_{,,} d\theta_{,} + \ldots$$

Dans le cas particulier où P, Q,... ne renferment pas la variable t, $\mathcal{P}, \mathcal{Q}, \ldots$ ne renferment pas θ, en sorte qu'on a $\square = \square_{,} = \square_{,,} \ldots$; donc alors la formule (7) se réduit à

(8) $$s = \left[1 + \frac{t-\theta}{1}\square + \frac{(t-\theta)^2}{1.2}\square^2 + \ldots\right]\varsigma,$$

ou, ce qui revient au même, à

$$(9)\qquad s = e^{(t-\theta)\square}\varsigma.$$

Si aux équations (1) l'on substituait les suivantes

$$(10)\qquad D_t x = \alpha P,\quad D_t y = \alpha Q,\ldots$$

α désignant un paramètre donné; alors, en supposant toujours la valeur de $\square$ déterminée par l'équation (5), on obtiendrait, au lieu de l'équation (4), la suivante

$$(11)\qquad (D_\theta + \alpha\square)\, s = 0,$$

et les formules (7), (8), (9) se changeraient en celles-ci :

$$(12)\qquad s = \varsigma + \alpha\int_\theta^t \square_,\varsigma\, d\theta + \alpha^2\int_\theta^t\int_\theta^t \square_,\square_{,,}\varsigma\, d\theta_{,,}\, d\theta_, + \ldots,$$

$$(13)\qquad s = \left[1 + \frac{\alpha(t-\theta)}{1}\square + \frac{\alpha^2(t-\theta)^2}{1.2}\square^2 + \ldots\right]\varsigma,$$

$$(14)\qquad s = e^{\alpha(t-\theta)\square}\varsigma.$$

Donc alors, en vertu de la formule (12) ou (13), la valeur de s se trouverait représentée par une série ordonnée suivant les puissances ascendantes du paramètre α.

» Observons maintenant que chacune des séries comprises dans les seconds membres des formules (7) et (8), ou (12) et (13), cessera généralement d'être convergente pour une certaine valeur de la variable indépendante t, ou plutôt pour une certaine valeur du module de la différence $t-\theta$, comme aussi pour certains modules des constantes arbitraires x, y, z,... introduites par l'intégration, ou des paramètres renfermés dans les équations différentielles données, par exemple, pour un certain module du paramètre α, renfermé dans les équations (10) ou dans les seconds membres des formules (12) et (13). Or les valeurs ou modules dont il s'agit pourront être facilement déterminées à l'aide du théorème général rappelé dans la séance du 22 juin, et qui s'énonce comme il suit :

» I[er] Théorème. *Une fonction d'une ou de plusieurs variables est développable en série convergente ordonnée suivant les puissances ascendantes*

et entières de ces variables, tant que les modules de ces variables conservent des valeurs inférieures à celles pour lesquelles la fonction ou ses dérivées du premier ordre pourraient devenir infinies ou discontinues.

» Comme je l'ai fait voir dans mes leçons de seconde année à l'École Polytechnique, les valeurs des inconnues $x, y, z, \ldots$ fournies par l'intégration des équations différentielles (1) ou (10), restent fonctions continues de la variable indépendante et des constantes arbitraires $\mathrm{x}, \mathrm{y}, \mathrm{z}, \ldots$ introduites par l'intégration, tant que les modules des différences

$$t - \theta,\quad x - \mathrm{x},\quad y - \mathrm{y},\quad z - \mathrm{z}, \ldots$$

restent inférieurs à ceux pour lesquels ou les seconds membres de ces équations différentielles, c'est-à-dire, en d'autres termes, les fonctions $P, Q, \ldots$ ou les dérivées de ces fonctions, prises par rapport aux diverses variables, deviendraient infinies ou discontinues. On peut donc énoncer encore la proposition suivante :

» II^e Théorème. *Si l'on prend pour s une quelconque des inconnues*

$$x, y, z, \ldots$$

on pourra, dans la série (7) *ou* (12), *et sans que cette série cesse d'être convergente, faire croître ou le module de $t - \theta$, ou, ce qui revient au même, le module du paramètre α, jusqu'au moment où cet accroissement produirait, soit une valeur infinie de l'inconnue que l'on considère, soit des valeurs infinies ou discontinues d'une ou de plusieurs des fonctions* $P, Q, \ldots$ *ou de leurs dérivées du premier ordre, prises par rapport aux diverses variables.*

» *Corollaire* 1^{er}. Le théorème que nous venons d'énoncer serait encore évidemment applicable à une valeur de s qui représenterait non plus l'une quelconque des variables $x, y, z, \ldots$ mais une fonction toujours continue de ces mêmes variables, par exemple une fonction de la forme

$$e^{ax^l + by^m + \ldots},$$

l, m, étant des nombres entiers quelconques.

» *Corollaire* 2^e. Si

$$s = \mathrm{f}(x, y, z, \ldots)$$

n'était pas une fonction toujours continue de $x, y, z,\ldots$ alors la série (7) ou (8) pourrait cesser d'être convergente, non-seulement dans les cas prévus par le 2ᵉ théorème, mais aussi lorsque la fonction $f(x, y, z,\ldots)$ deviendrait discontinue, par exemple dans le cas où des valeurs finies de $x, y, z,\ldots$ produiraient une valeur infinie de cette même fonction.

» *Corollaire* 3ᵉ. Si au lieu de faire varier la valeur ou le module de la différence $t-\theta$ ou du paramètre α, on faisait varier, ou un autre paramètre renfermé dans les équations différentielles données, ou l'une quelconque des constantes arbitraires introduites par l'intégration, on devrait encore évidemment s'arrêter au moment où la série (7) ou (12) cesserait d'être convergente pour l'une des raisons indiquées dans le 2ᵉ théorème, ou dans le corollaire précédent.

» Les principes établis dans ce paragraphe sont immédiatement applicables à un système d'équations différentielles d'un ordre quelconque; car, comme nous l'avons plusieurs fois remarqué, il suffit d'augmenter le nombre des inconnues pour qu'un semblable système se transforme à l'instant même en un système d'équations différentielles du premier ordre.

§ II. *Des intégrales sous forme finie d'un système d'équations différentielles. Développement de ces intégrales.*

» Lorsque les intégrales d'un système d'équations différentielles, par exemple des équations (1) ou (10) du § Iᵉʳ, peuvent s'obtenir sous forme finie, la formule de Lagrange et d'autres formules analogues fournissent le moyen de développer ces intégrales en séries ordonnées suivant les puissances ascendantes et entières des constantes arbitraires introduites par l'intégration, ou des paramètres renfermés dans les seconds membres des équations différentielles. Ainsi, en particulier, on pourra, de cette manière, obtenir la valeur de l'une quelconque des inconnues $x, y, z,\ldots$ ou d'une fonction s de ces inconnues, développée en une série qui soit ordonnée suivant les puissances ascendantes du paramètre α contenu comme facteur dans le second membre de chacune des équations (10). D'ailleurs cette dernière série devra évidemment coïncider avec celle que renferme le second membre de la formule (12) ou (13) du § Iᵉʳ; de sorte que la nouvelle série pourra se transformer en l'autre, et réciproquement.

» Supposons donc que les équations à intégrer soient les équations (10)

du § I^{er}, savoir,

$$(1) \qquad D_t x = \alpha P, \quad D_t y = \alpha Q, \ldots$$

α étant un paramètre donné, et P, Q,... des fonctions données des diverses variables

$$x, y, z, \ldots t.$$

Supposons, de plus, que l'on soit parvenu à obtenir les intégrales des équations (1) sous forme finie. Ces intégrales établiront une relation déterminée entre la variable indépendante t, les constantes arbitraires qui pourront coïncider avec les valeurs x, y, z,... des inconnues x, y, z,... correspondantes à une certaine valeur θ de la variable t, et la variable s qui pourra représenter ou l'une quelconque des inconnues x, y, z,... ou une fonction donnée

$$f(x, y, z, \ldots)$$

de ces mêmes inconnues. Or, concevons que la relation dont il s'agit se trouve exprimée par la formule

$$(2) \qquad S = 0,$$

S désignant une certaine fonction de s, de t, de α et des constantes arbitraires. Puisque la valeur de s, déterminée par l'équation (2), devra coïncider avec celle que fournit l'équation (12) du § I^{er}, il est clair qu'en faisant, pour abréger,

$$\varsigma = f(\mathrm{x}, \mathrm{y}, \mathrm{z}, \ldots),$$

on trouvera

$$(3) \qquad s = \varsigma,$$

non-seulement pour $t = \theta$, mais aussi pour $\alpha = 0$. Concevons d'ailleurs qu'en mettant α et s en évidence, dans la fonction S, on ait

$$S = F(s, \alpha),$$

en sorte que l'équation (2) se présente sous la forme

$$(4) \qquad F(s, \alpha) = 0.$$

On aura encore

$$(5) \qquad F(\varsigma, o) = o;$$

et, si la lettre u désigne une variable auxiliaire, les deux équations

$$F(u, \alpha) = o, \quad F(u, o) = o,$$

admettront, la première, la racine $u = s$, et la seconde, la racine $u = \varsigma$. Supposons d'ailleurs que cette dernière racine soit une racine simple; on pourra en dire autant de l'autre, en sorte qu'on aura

$$(6) \qquad F(u, \alpha) = (u - s)\,\Pi(u, \alpha), \quad F(u, o) = (u - \varsigma)\,\Pi(u, o),$$

la fonction $\Pi(u, \alpha)$ et sa valeur particulière $\Pi(u, o)$ étant deux fonctions de u, dont la seconde ne deviendra point nulle ni infinie pour $u = \varsigma$.

» Supposons maintenant que dans les formules (6) on pose

$$u = \varsigma + \iota.$$

Ces formules, réduites aux suivantes

$$F(\varsigma + \iota, \alpha) = (\varsigma - s + \iota)\,\Pi(\varsigma + \iota, \alpha), \quad F(\varsigma + \iota, o) = \iota\,\Pi(\varsigma + \iota, o),$$

donneront

$$(7) \qquad \frac{F(\varsigma + \iota, \alpha)}{F(\varsigma + \iota, o)} = \frac{\varsigma - s + \iota}{\iota}\,\frac{\Pi(\varsigma + \iota, \alpha)}{\Pi(\varsigma + \iota, o)};$$

puis on conclura de celle-ci, en prenant les dérivées logarithmiques des deux membres par rapport à ι, et en indiquant à l'aide de la lettre l les logarithmes népériens,

$$D_\iota \mathrm{l}\,\frac{F(\varsigma + \iota, \alpha)}{F(\varsigma + \iota, o)} = \frac{1}{\varsigma - s + \iota} - \frac{1}{\iota} + D_\iota \mathrm{l}\,\frac{\Pi(\varsigma + \iota, \alpha)}{\Pi(\varsigma + \iota, o)};$$

ou, ce qui revient au même,

$$(8) \qquad D_\iota \mathrm{l}\,\frac{\Pi(\varsigma + \iota, \alpha)}{\Pi(\varsigma + \iota, o)} = D_\iota \mathrm{l}\,\frac{F(\varsigma + \iota, \alpha)}{F(\varsigma + \iota, o)} - \frac{1}{\varsigma - s + \iota} + \frac{1}{\iota}.$$

Or, puisque, par hypothèse, l'expression $\Pi(u, o)$ ne devient ni nulle, ni

infinie pour $u = \varsigma$, il est clair que la fonction

$$\Pi(\varsigma + \iota, \alpha)$$

ne deviendra ni infiniment petite ni infiniment grande pour des valeurs infiniment petites de ι et α. Donc, pour de semblables valeurs, cette fonction et la dérivée logarithmique

$$D_\iota l \frac{\Pi(\varsigma + \iota, \alpha)}{\Pi(\varsigma + \iota, 0)}$$

seront généralement développables en séries ordonnées suivant les puissances ascendantes et entières de ι et α; et l'on pourra en dire autant du second membre de la formule (8). Mais, pour développer ce second membre suivant les puissances ascendantes de α, en supposant, comme on peut le faire, que des deux variables infiniment petites $s - \varsigma$ et ι, la première conserve toujours un module inférieur à celui de la seconde, il faudra commencer par transformer le rapport

$$\frac{1}{\varsigma - s + \iota}$$

en une série ordonnée suivant les puissances ascendantes de la différence

$$s - \varsigma,$$

qui elle-même est développable suivant les puissances ascendantes de α. D'ailleurs, en opérant ainsi, l'on trouvera

(9) $$\frac{1}{\varsigma - s + \iota} = \frac{1}{\iota} + \frac{s - \varsigma}{\iota^2} + \frac{(s - \varsigma)^2}{\iota^3} + \ldots$$

Supposons en outre

(10) $$D_\iota l \frac{F(\varsigma + \iota, \alpha)}{F(\varsigma + \iota, 0)} = \alpha I_1 + \alpha^2 I_2 + \ldots,$$

les coefficients I_1, I_2,... étant indépendants de α. La formule (8) donnera

(11) $$D_\iota l \frac{\Pi(\varsigma + \iota, \alpha)}{\Pi(\varsigma + \iota, 0)} = \alpha I_1 + \alpha^2 I_2 + \ldots - \frac{s - \varsigma}{\iota^2} - \frac{(s - \varsigma)^2}{\iota^3} - \ldots.$$

Or si, dans le second membre de cette dernière formule, on développe d'une part, comme on doit pouvoir le faire, les coefficients

$$I_1,\ I_2,\ldots$$

en séries ordonnées suivant les puissances ascendantes de ι, d'autre part les divers termes de la progression géométrique

$$s-\varsigma,\ (s-\varsigma)^2,\ldots$$

en séries ordonnées suivant les puissances ascendantes de α, on obtiendra une série double que l'on pourra ordonner suivant les puissances ascendantes de α et de ι, et dans laquelle, après les réductions, les termes proportionnels aux puissances négatives

$$\frac{1}{\iota^2},\ \frac{1}{\iota^3},\ldots$$

devront disparaître. En s'appuyant sur cette considération, et remarquant en outre que, pour un très petit module de α, la différence $s-\varsigma$ se trouvera représentée par une série dont le premier terme sera proportionnel à α, on conclut immédiatement de la formule (11) que le premier terme du développement de I_1 est proportionnel à $\frac{1}{\iota^2}$, le premier terme du développement de I_2 à $\frac{1}{\iota^3}$, etc.... On en conclut aussi que les coefficients des puissances négatives

$$\frac{1}{\iota^2},\ \frac{1}{\iota^3},\ldots$$

dans les rapports

$$\frac{s-\varsigma}{\iota^2},\ \frac{(s-\varsigma)^3}{\iota^3},\ldots$$

doivent être respectivement égaux aux coefficients des mêmes puissances dans le développement de la somme

$$\alpha I_1 + \alpha^2 I_2 + \ldots$$

en une série ordonnée suivant les puissances ascendantes de ι. Donc, en

particulier, le coefficient de $\frac{1}{\iota^2}$ dans ce développement doit exprimer la valeur de la différence

$$s - \varsigma.$$

» Remarquons à présent, que dans les développements de

$$I_1, \ I_2, \ I_3, \ldots,$$

développements dont les premiers termes seront respectivement proportionnels à

$$\frac{1}{\iota^2}, \ \frac{1}{\iota^3}, \ \frac{1}{\iota^4}, \ldots$$

le coefficient de $\frac{1}{\iota^2}$ deviendra successivement égal à chacune des expressions

$$\iota^2 I_1, \quad \frac{1}{1} D_\iota(\iota^3 I_2), \quad \frac{1}{1.2} D_\iota^2(\iota^4 I_3), \ldots$$

pourvu que l'on convienne de réduire toujours, après les différenciations effectuées, la variable ι à zéro. On aura donc, sous cette condition,

(12) $$s - \varsigma = \alpha\iota^2 I_1 + \frac{\alpha^2}{1} D_\iota(\iota^3 I_2) + \frac{\alpha^3}{1.2} D_\iota^2(\iota^4 I_3) + \ldots.$$

On trouvera de la même manière

(13) $$\begin{cases} (s-\varsigma)^2 = \alpha^2\iota^3 I_2 + \frac{\alpha^3}{1} D_\iota(\iota^4 I_3) + \frac{\alpha^4}{1.2} D_\iota^2(\iota^5 I_4) + \ldots, \\ (s-\varsigma)^3 = \alpha^3\iota^4 I_3 + \frac{\alpha^4}{1} D_\iota(\iota^5 I_4) + \ldots, \\ \quad \text{etc.} \end{cases}$$

» La formule (12) s'accorde avec des formules données par MM. Laplace et Paoli, et fournit, aussi bien que la formule (12) du § I$^{\text{er}}$, le développement de s ou de $s - \varsigma$, suivant les puissances ascendantes de α. Elle pourra être présentée sous l'une ou l'autre des formes

(14) $$s - \varsigma = A_1\alpha + A_2\alpha^2 + \ldots,$$

(15) $$s = \varsigma + \varsigma_{\prime} + \varsigma_{\prime\prime} + \ldots,$$

si l'on pose, pour abréger

(16) $$A_n = \frac{1}{1.2\ldots(n-1)} D_\iota^{n-1}(\iota^{n+1} I_n),$$

ι devant être réduit à zéro après les différentiations, et

(17) $$\varsigma_{(n)} = A_n \alpha^n.$$

» Il est bon d'observer qu'en vertu de la formule (10), et du théorème de Maclaurin, l'on aura

(18) $$I_n = \frac{1}{1.2\ldots n} D_\alpha^n D_\iota l \frac{F(s+\iota, \alpha)}{F(s+\iota, 0)},$$

α devant être réduit à zéro après les différentiations. Donc le coefficient A_n de α^n, dans le développement de s, pourra être présenté sous la forme

(19) $$A_n = \left[\frac{1}{1.2\ldots(n-1)}\right]^2 \frac{1}{n} D_\iota^{n-1}\left[\iota^{n+1} D_\iota D_\alpha^n l \frac{F(s+\iota, \alpha)}{F(s+\iota, 0)}\right],$$

les valeurs de α et de ι devant être réduites à zéro, après les différentiations. D'ailleurs, si l'on pose pour abréger

(20) $$J_n = \frac{1}{1.2\ldots n} D_\alpha^n l \frac{F(s+\iota, \alpha)}{F(s+\iota, 0)},$$

α devant être annulé après les différentiations, c'est-à-dire si l'on désigne par J_n le coefficient de α^n dans le développement de l'expression

$$l \frac{F(s+\iota, \alpha)}{F(s+\iota, 0)}$$

suivant les puissances ascendantes de α, la formule (18) donnera

$$I_n = D_\iota J_n.$$

Or le premier terme de I_n étant proportionnel à $\frac{1}{\iota^{n+1}}$, le premier terme de J_n devra être proportionnel à $\frac{1}{\iota^n}$; et, eu égard à cette circonstance, il est facile de s'assurer que l'on aura, pour $\iota = 0$,

$$D_\iota^{n-1}(\iota^{n+1} I_n) = - D_\iota^{n-1}(\iota^n J_n).$$

Donc la formule (16) pourra être réduite à

(21) $$\mathrm{A}_n = -\frac{1}{1.2\ldots(n-1)}\,\mathrm{D}_\iota^{n-1}(\iota^n \mathrm{J}_n),$$

et la formule (19) à

(22) $$\mathrm{A}_n = -\left[\frac{1}{1.2\ldots(n-1)}\right]^2 \frac{1}{n}\,\mathrm{D}_\iota^{n-1}\,\mathrm{D}_\alpha^n\left[\iota^n \mathrm{l}\,\frac{\mathrm{F}(s+\iota,\alpha)}{\mathrm{F}(s+\iota,0)}\right],$$

α et ι devant toujours être annulés après les différentiations.

» La série comprise dans le second membre de la formule (12) reste convergente, tant que le module de α reste inférieur au plus petit de ceux pour lesquels la fonction s, ou sa dérivée, prise par rapport à α, devient infinie ou discontinue. D'ailleurs, en vertu de l'équation (4), on a généralement

$$\mathrm{D}_\alpha \mathrm{F}(s,\alpha) + \mathrm{D}_s \mathrm{F}(s,\alpha).\mathrm{D}_\alpha s = 0,$$

et par suite

$$\mathrm{D}_s \alpha = -\frac{\mathrm{D}_\alpha \mathrm{F}(s,\alpha)}{\mathrm{D}_s \mathrm{F}(s,\alpha)}.$$

Donc la dérivée de s, prise par rapport à α, devient généralement infinie, lorsqu'on a

$$\mathrm{D}_s \mathrm{F}(s,\alpha) = 0.$$

Donc le module de α, pour lequel la série comprise dans le second membre de l'équation (12) cessera d'être convergente, sera généralement le plus petit de ceux qui vérifieront les équations simultanées

(23) $$\mathrm{F}(s,\alpha) = 0, \qquad \mathrm{D}_s \mathrm{F}(s,\alpha) = 0.$$

Nommons λ ce module; la valeur de A_n fournie par l'une quelconque des équations (16), (19), (21), (22), offrira un module dont la racine $n^{\text{ième}}$ convergera pour des valeurs croissantes vers une ou plusieurs limites, dont la plus grande sera $\frac{1}{\lambda}$. Donc, en attribuant au nombre entier n une valeur très considérable, on pourra choisir cette valeur de manière que l'on ait sensiblement

(24) $$(\mathrm{mod.A}_n)^{\frac{1}{n}} = \frac{1}{\lambda}.$$

» Il serait facile de transformer en intégrale définie simple ou double le coefficient de a^n dans le développement de s, c'est-à-dire la valeur de A_n déterminée par l'une des formules (16), (19), (21), (22). En effet, si l'on désigne par

$$\bar{x} = re^{p\sqrt{-1}}$$

une variable imaginaire dont le module soit r, et l'argument p, si d'ailleurs

$$f(\bar{x})$$

représente une fonction qui reste finie et continue, quel que soit l'argument p, pour une certaine valeur X attribuée au module r, et pour des valeurs plus petites, on trouvera, en posant $r = X$,

$$f^{(n)}(0) = \frac{1.2.3\ldots n}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} \frac{f(\bar{x})}{\bar{x}^n} dp;$$

en d'autres termes, on aura pour des valeurs infiniment petites de ι,

(25) $$D_\iota^n f(\iota) = \frac{1.2\ldots n}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} \frac{f(\bar{x})}{\bar{x}^n} dp.$$

Cette dernière formule offre le moyen de transformer immédiatement en intégrale définie la dérivée de l'ordre n d'une fonction donnée de la variable ι, ou plutôt la valeur de cette dérivée correspondante à une valeur nulle de la variable ι. Par suite, la formule (25) offre le moyen de transformer le second membre de l'équation (16) ou (21) en intégrale définie simple, et le second membre de l'équation (22) en intégrale définie double.

» Les diverses formules que nous venons d'établir se trouvent comprises, comme cas particuliers, dans d'autres formules plus générales que nous avons données dans le Mémoire sur la Mécanique céleste de 1832, et qui servent à développer, suivant les puissances ascendantes d'un paramètre renfermé dans une équation algébrique ou transcendante, la somme de certaines racines de cette équation, ou la somme des fonctions semblables de ces racines. Au reste, toutes ces formules peuvent être établies par la méthode même dont nous venons de faire usage.

» Pour s'assurer de l'exactitude des résultats auxquels nous sommes

parvenus, il suffirait de prendre

$$F(s, \alpha) = s - \alpha\varpi(s).$$

Alors on trouverait

$$\varsigma = 0, \quad \frac{F(s+\iota, \alpha)}{F(s+\iota, 0)} = 1 - \alpha\frac{\varpi(\iota)}{\iota},$$

$$J_n = -\frac{1}{n}\left[\frac{\varpi(\iota)}{\iota}\right]^n,$$

et par suite la formule (21) donnerait

$$A_n = \frac{1}{1.2\ldots n} D_\iota^{n-1}[\varpi(\iota)]^n.$$

Donc, si l'on développe suivant les puissances ascendantes de α la plus petite racine s de l'équation

(26) $$s - \alpha\varpi(s) = 0,$$

on trouvera

(27) $$s = \alpha\varpi(0) + \frac{\alpha^2}{1.2} D_\iota[\varpi(\iota)]^2 + \frac{\alpha^3}{1.2.3} D_\iota^2[\varpi(\iota)]^3 + \ldots,$$

la valeur de ι devant être réduite à zéro, après les différentiations, et la série comprise dans la formule (27) restera généralement convergente, tant que le module de α restera inférieur au plus petit de ceux qui permettent de vérifier les équations simultanées

(28) $$s - \alpha\varpi(s) = 0, \quad 1 - \alpha\varpi'(s) = 0.$$

On se trouve ainsi ramené à des conclusions que nous avons déjà énoncées dans un précédent Mémoire. D'ailleurs les équations (28) peuvent s'écrire comme il suit

(29) $$s = \frac{\varpi(s)}{\varpi'(s)}, \quad \alpha = \frac{s}{\varpi(s)}.$$

» Si l'on supposait

$$\varpi(s) = \sin cs,$$

l'équation (26) serait analogue à celle qui, dans le mouvement elliptique d'une planète, détermine l'anomalie excentrique. Si l'on supposait au contraire

$$\varpi(s) = e^s,$$

les formules (29) donneraient

$$s = 1, \quad \alpha = \frac{1}{e}.$$

Donc la plus petite racine de l'équation

$$(30) \qquad s - \alpha e^s = 0$$

se développe par la formule

$$(31) \qquad s = \alpha + 2\frac{\alpha^2}{1.2} + 3^2\frac{\alpha^3}{1.2.3} + 4^3\frac{\alpha^4}{1.2.3.4} + \ldots,$$

en une série qui demeure convergente, tant que α ne dépasse pas $\frac{1}{e}$. On aura donc dans le cas présent, $\lambda = \frac{1}{e}$; et, comme on trouvera de plus

$$A_n = \frac{n^{n-1}}{1.2\ldots n},$$

il suit de la formule (24) que, pour de grandes valeurs de n, on aura sensiblement

$$(1.2.3\ldots n)^{\frac{1}{n}} = \frac{n}{e},$$

ce qui est exact, d'après une formule connue de M. Laplace.

» On pourrait encore remarquer le cas où la fonction $\varpi(s)$ serait de l'une des formes

$$e^{s^2}, \; e^{s^3}, \ldots$$

ou même plus généralement de la forme

$$e^z,$$

z désignant une fonction entière de s. Dans ce cas la première des for-

mules (29) serait toujours facile à résoudre, puisqu'elle se réduirait à l'équation algébrique

$$s\mathrm{D}_s z = 1.$$

§ III. *Comparaison des formules établies dans les deux premiers paragraphes.*

» La formule (12) du paragraphe précédent devant s'accorder avec celle qui porte le même numéro dans le § Ier, les deux séries qui, en vertu de ces deux formules, représentent la valeur de s, doivent être identiques, et par suite les coefficients des mêmes puissances de α, dans ces deux séries, doivent être égaux. On aura donc, en adoptant les notations des §§ I et II,

$$(1) \qquad \int_\theta^t \square_, \varsigma \, d\theta = \iota^2 \mathrm{I}_1, \quad \int_\theta^t \int_\theta^t \square_, \square_{,,} \varsigma \, d\theta_{,,} \, d\theta_, = \tfrac{1}{1} \mathrm{D}_\iota (\iota^3 \mathrm{I}_2), \ldots$$

la valeur de ι devant être réduite à zéro après les différentiations.

» Si l'on suppose que les seconds membres des équations (1) du § II deviennent indépendants de t, on devra, dans le § Ier, remplacer la formule (12) par la formule (13); et, en conséquence, le coefficient de α^n, dans la valeur de s, pourra être représenté par le produit

$$\frac{(t-\theta)^n}{1.2\ldots n} \square^n s.$$

Ce dernier produit devra donc être égal à la valeur de A_n déterminée par l'équation (16) du § II, en sorte qu'on aura

$$\frac{(t-\theta)^n}{n} \square^n \varsigma = \mathrm{D}_\iota^{n-1} (\iota^{n+1} \mathrm{I}_n).$$

Donc en posant, pour abréger,

$$(t-\theta)^{-n} \mathrm{I}_n = \Im_n,$$

on aura

$$(2) \qquad \square^n \varsigma = n \mathrm{D}_\iota^{n-1} (\iota^{n+1} \Im_n),$$

ι devant être réduit à zéro après les différentiations. Il est bon d'observer

que, dans la formule (2), la valeur de $\mathfrak{I}_n$ sera indépendante de $t - \theta$. En effet, dans l'hypothèse que nous venons d'admettre, le premier terme S de l'équation (2) du deuxième paragraphe sera une fonction de s et du produit $\alpha(t - \theta)$. Donc, si l'on pose

$$S = \mathcal{F}[s, \alpha(t - \theta)],$$

de manière à mettre en évidence, dans l'expression de S, non-seulement s et α, mais encore la variable t; alors, au lieu de la formule (10) du § II, on obtiendra la suivante

$$\text{(3)} \qquad D_\iota \, l \frac{\mathcal{F}(s + \iota, \alpha)}{\mathcal{F}(s + \iota, 0)} = \alpha \mathfrak{I}_1 + \alpha^2 \mathfrak{I}_2 + \dots$$

Or, en vertu de cette dernière formule, on aura généralement

$$\text{(4)} \qquad \mathfrak{I}_n = \frac{1}{1.2\ldots n} D_\iota D_\alpha \, l \, \frac{\mathcal{F}(s + \iota, \alpha)}{\mathcal{F}(s + \iota, 0)},$$

et par suite

$$\text{(5)} \qquad \square^n \varsigma = -\frac{1}{1.2\ldots(n-1)} D_\iota^{n-1} D_\alpha^n \left[\iota^n \, l \frac{\mathcal{F}(s + \iota, \alpha)}{\mathcal{F}(s + \iota, 0)} \right],$$

α et ι devant être réduits à zéro, après les différentiations. L'équation (5), dont le second membre pourrait être remplacé par un intégrale définie double, offre une transformation remarquable de l'expression symbolique

$$\square^n \varsigma.$$

» Dans d'autres Mémoires je donnerai de nombreuses applications des théorèmes et des formules ci-dessus établis. »

M. Melloni commence la lecture d'un Mémoire ayant pour titre : *Sur la diffusion calorifique*. Cette lecture sera continuée dans une prochaine séance.

« M. Isidore Geoffroy-Saint-Hilaire présente un ouvrage dans lequel, sous le titre d'*Essais de Zoologie générale*, il a réuni quinze Notices ou Mémoires, les uns nouveaux et inédits, les autres déjà publiés dans divers recueils, mais qu'il a paru utile de reproduire avec diverses modifications et additions. Cet ouvrage est divisé en deux parties : la première historique, et la seconde consacrée à l'exposition des résultats des recherches de l'auteur sur plusieurs questions générales de zoologie et d'anthropologie. »

RAPPORTS.

M. Cauchy lit, au nom d'une Commission, un Rapport sur le *nouveau système de navigation à la vapeur* de M. A. de Jouffroy.

Les conclusions de ce rapport donnent lieu à une discussion à laquelle prennent part MM. *Arago*, *Poncelet*, *Biot*, *Thenard*.

Sur la proposition de M. *Biot*, la Commission est invitée à représenter à l'Académie, dans sa prochaine séance, les conclusions du Rapport, après y avoir fait les modifications qu'elle jugera convenables d'après les remarques qui lui ont été adressées.

NOMINATIONS.

L'Académie procède, par voie de scrutin, à la nomination d'un Correspondant pour la section de Médecine et de Chirurgie.

La liste de candidats, présentée par la section, est la suivante :

1°. M. Lallemand, à Montpellier;
2°. M. Brodie, à Londres;
3°. M. Guyon, à Alger;
4°. M. Dieffenbach, à Berlin.

Le nombre des votants est de 45. Au premier tour de scrutin

M. Lallemand obtient..	39 suffrages.
M. Guyon............	4
M. Brodie............	1
M. Dieffenbach.......	1

M. Lallemand, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est déclaré élu.

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur de nouvelles combinaisons azotées et sulfurées du benzoïle; par* M. **Aug. Laurent**.

(Commissaires, MM. Thenard, Dumas, Pelouze, Regnault.)

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Modèle et description d'une pompe destinée à l'alimentation des chaudières à vapeur; par* M. **Passot**.

(Commission des appareils de sûreté pour les machines à vapeur.)

M. **Gouillé** soumet au jugement de l'Académie un Traité manuscrit d'*Arithmétique*.

(Commissaires, MM. Lacroix, Sturm.)

M. **Dunglas** adresse une Note ayant pour titre: *Remarques sur certaines précautions à prendre dans l'emploi de l'appareil de Marsh.*

(Commission nommée pour une Note de M. Lassaigne, sur un nouveau mode d'application de l'appareil de Marsh.)

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel de l'Académie des Beaux-Arts** annonce que, conformément à l'invitation de l'Académie des Sciences, l'Académie des Beaux-Arts a désigné quatre de ses membres, MM. *Blondel*, *H. Vernet*, *P. Delaroche* et *Debret*, pour faire partie de la Commission chargée d'examiner les résultats de la dernière expédition scientifique dans le Nord.

M. le **Directeur-général de l'administration des Douanes** adresse un exemplaire du « Tableau général du commerce de la France avec ses colonies et les puissances étrangères pendant l'année 1839. »

CHIRURGIE. — *Sur un nouveau procédé pour l'opération du strabisme.* (Extrait d'une Note de M. J. Guérin.)

« Tous les procédés employés jusqu'à ce jour avaient pour but et pour résultat de faire la section des muscles de l'œil en les mettant à découvert, au moyen de plaies plus ou moins étendues de la conjonctive, ou en faisant la section simultanée des muscles et de la muqueuse. Cette méthode rendait l'opération difficile, plus ou moins longue et plus ou moins douloureuse; et consécutivement elle provoquait presque toujours un travail d'inflammation suppurative. Déjà j'avais obvié à une partie de ces inconvénients par un premier essai de méthode sous-conjonctivale, communiqué il y a quelques mois à l'Académie. Toutefois dans quelques cas je n'avais pu éviter les inconvénients inhérents à la méthode des incisions directes (la longueur de l'opération, la douleur et l'inflammation consécutive), soit que la dissection de la conjonctive ne pût s'effectuer complétement, soit que son recollement immédiat n'eût pas été obtenu. Le procédé que je viens d'imaginer me paraît devoir aplanir toutes ces difficultés. Voici en quoi il consiste.

» Le sujet est couché horizontalement et la tête fixée. Les paupières étant maintenues écartées et le globe oculaire attiré en avant et un peu sur le côté, au moyen d'une érigne, j'enfonce perpendiculairement dans l'angle interne ou externe de l'œil suivant le muscle à diviser, et sur le côté de ce dernier, un petit instrument convexe sur le tranchant et doublement coudé sur sa tige. La lame de l'instrument ayant pénétré de toute sa longueur (15 millimètres environ), je la relève horizontalement en la faisant glisser entre le globe oculaire et la face correspondante du muscle. Dans un troisième temps je présente le tranchant convexe de l'instrument à la face interne du muscle, et je divise celui-ci de dedans en dehors, c'est-à-dire du globe oculaire à la paroi de l'orbite. Le globe oculaire étant attiré en avant et un peu sur le côté, c'est-à-dire dans la direction même du muscle à diviser, produit la tension de ce dernier et facilite l'action de l'instrument tranchant. La section s'annonce par un bruit de craquement, le sentiment d'une résistance vaincue, et par un petit mouvement du globe de l'œil qui cède dans le sens de la traction. L'instrument est retiré par la petite ouverture d'entrée, et il n'y a aucune autre apparence de plaie extérieure. On peut s'assurer que la section du muscle a été faite complétement par la rotation de l'œil dans le sens opposé, rendue plus étendue et plus fa-

cile, et par l'impossibilité de la rotation inverse, ou au moins par une diminution sensible dans l'étendue de ce mouvement.

» J'ai appliqué deux fois ce procédé, avec un plein succès, à la section du droit interne. Le muscle a été divisé complétement en moins d'une minute sans autre plaie extérieure qu'une simple piqûre de la conjonctive, et avec redressement instantané du globe oculaire. »

M. **Kuhn** annonce qu'il a eu l'idée de tirer partie de la rétraction qu'éprouve le tissu musculaire sous l'influence d'une chaleur égale ou supérieure à celle de l'eau bouillante, pour obtenir des données relatives au mécanisme des mouvements et à l'origine de certaines difformités du système osseux.

Il indique dans sa lettre certaines précautions au moyen desquelles on dirige l'action de la chaleur de manière à n'opérer le raccourcissement que sur le muscle ou sur l'ensemble de muscles dont on veut étudier l'action. « A l'aide de ce procédé, dit-il, on parvient à reproduire sur le cadavre la plupart des mouvements qui ont lieu sur le vivant, et l'on détermine ainsi la part que prennent à chacun de ces mouvements les agents musculaires. On peut également, par ce moyen, arriver à confirmer expérimentalement la théorie de M. J. Guérin sur les difformités articulaires du système osseux; en effet, au moyen de ces raccourcissements produits par l'action de la chaleur sur certains muscles déterminés, on imite les variétés du pied-bot et d'autres difformités des membres, le strabisme et même, jusqu'à un certain point, les déviations latérales de l'épine. »

M. **Guyon** adresse une Note ayant pour titre : *De la plus grande longévité des anciens Romains de l'Algérie, d'après les restes de leurs monuments tumulaires, comme pouvant servir à apprécier la salubrité des lieux où ils vivaient.*

L'auteur annonce l'intention de donner suite à ces recherches; la Note qu'il présente aujourd'hui ne devant être considérée que comme un premier essai.

M. **Tollard** demande à être porté sur la liste de candidats pour la place de Correspondant vacante dans la section d'Économie rurale.

(Renvoi à la section d'Économie rurale.)

L'Académie accepte le dépôt de deux paquets cachetés adressés, l'un par M. **Darlu**, et relatif à un système de *télégraphie nocturne;*

L'autre, par M. **Fournier de Lempdes**, et portant pour suscription : *Nouveau système de fortifications mobiles; — Nouveau bateau sous-marin.*

A quatre heures et demie l'Académie se forme en comité secret.

La séance est levée à 5 heures. F.

Errata. (Séance du 19 octobre.)

Page 636, ligne 7, deux mesures consécutives d'un même travail, *lisez* deux mesures consécutives d'un même cristal.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

L'Académie a reçu dans cette séance les ouvrages dont voici les titres :

Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des Sciences, 2e semestre 1840, n° 16, in-4°; et Tables du 1er semestre 1840.

Annales de Chimie et de Physique; par MM. GAY-LUSSAC, ARAGO, CHEVREUL, SAVARY, DUMAS, PELOUZE, BOUSSINGAULT et REGNAULT; août 1840; in-8°.

Annales des Sciences naturelles; juin 1840, in-8°.

Essais de Zoologie générale, ou Mémoires et Notices sur la Zoologie générale, l'Anthropologie et l'histoire de la Science; par M. ISIDORE GEOFFROY-SAINT-HILAIRE; 1 vol. in-8°.

Administration des Douanes. — Tableau général du Commerce de la France avec ses colonies et les puissances étrangères pendant l'année 1839; 1840, grand in-4°.

Des Médecins légistes considérés dans leur rapport avec les cours de justice, à l'occasion du procès Lafarge; par M. BÉRIGNY; Paris, 1840, in-8°.

Mémoires composés au sujet d'une Correspondance météorologique, ayant pour but de parvenir à prédire le temps beaucoup à l'avance sur un point donné de la Terre; par M. MORIN; 8e mémoire; Paris, 1840, in-8°.

Paléontologie française. — Description zoologique et géologique de tous les Animaux mollusques et rayonnés fossiles de France; par MM. D'ORBIGNY et DELARUE; 5e et 6e liv., in-8°.

Revue générale de Thérapeutique médicale et chirurgicale; par M. MIQUEL; 15—30 oct. 1840, in-8°.

Revue critique des Livres nouveaux; par M. CHERBULIEZ; 8e année, n° 18, in-8°.

Le Technologiste, ou Archives des progrès de l'Industrie française et étrangère; oct. 1840, in-8°.

Journal des Connaissances médicales pratiques et de Pharmacologie; 8e année, oct. 1840, in-8°.

Deuxième Mémoire sur les variations annuelles de la température de la terre à différentes profondeurs; par M. A. QUETELET; Bruxelles, in-4°.

Second Mémoire sur le Magnétisme terrestre en Italie; par le même; in-4°.

Résumé des Observations météorologiques faites en 1839 *à l'Observatoire de Bruxelles; par* le même; in-4°.

Académie royale de Bruxelles. — Bulletin des Séances; n^{os} 7 et 8, in-8°.

Observations microscopiques sur les mouvements des Globules végétaux suspendus dans un menstrue; par M. Botto; Turin, in-4°.

Recherches physiques sur les pierres d'Imatra; par M. Parrot; Saint-Pétersbourg, 1840, in-4°.

Des Congrès scientifiques; par M. Mathias Mayor. (Extrait du *Courrier Suisse* du 16 oct. 1840.) $\frac{1}{4}$ de feuille in-8°.

The Annals.... *Annales d'Électricité, de Magnétisme et de Chimie;* juillet et août 1840, in-8°.

The London.... *Journal de Sciences et Magasin philosophique de Londres, d'Édimbourg et de Dublin;* sept. 1840, in-8°.

Researches on.... *Recherches sur la Chaleur;* 4^e série. — *Sur les effets de la texture mécanique des Écrans sur la transmission immédiate de la Chaleur rayonnante; par* M. Forbes. (Extrait des *Transactions de la Société royale d'Édimbourg.*) In-4°.

On the diminution.... *Sur la diminution de Température avec la hauteur aux différentes saisons de l'année; par* le même. (Extrait du même ouvrage, vol. 14.) In-4°.

Account.... *Exposition de quelques nouvelles expériences sur le Magnétisme terrestre; par* le même. (Extrait du même recueil, vol. 15.) In-4°.

Additional note.... *Note additionnelle à la première série de recherches sur les Marées; par* M. Whewell. (Extrait des *Transactions philosophiques,* année 1840.) In-4°.

Researches on.... *Recherches sur les Marées,* 12^e *série; par* le même. (Extrait du même recueil, même année 1840.) In-4°.

Standard Weights.... *Lettre du secrétaire de la trésorerie des États-Unis, en transmettant un Rapport de* M. Hassler, *surintendant des opérations pour les poids et mesures légaux;* une feuille in-8°.

Proceedings.... *Procès-Verbaux de la Société philosophique américaine;* mai, juin et juillet 1840, vol. 1er, n° 12, in-8°.

The american.... *Almanach américain et Magasin des Connaissances utiles pour l'année* 1841; Boston, 1840, in-12.

Astronomische.... *Nouvelles astronomiques de* M. Schumacher; n° 409, in-4°.

Bericht über.... *Analyse des Mémoires lus à l'Académie des Sciences de Berlin, et destinés à la publication;* juillet 1840, in-8°.

Biblioteca... *Bibliothèque agraire, ou Recueil d'instructions choisies sur l'Économie rurale;* publiée sous la direction de M. Moretti, professeur de botanique à l'Université de Pavie; vol. 22 et 23; 1839; Milan, in-12.

Figure complesse.... *Figure complexe,* 1er *Mémoire de* Girolamo Griffoli, *ayant pour objet l'élucidation de l'enseignement primitif des Mathématiques de* J.-B. Romagnosi; Montepulciano, 1840, in-8°

Della necessita.... *De la nécessité de la Métaphysique dans l'étude des sciences naturelles; par* M. L. Martini; Turin; in-8°.

Cenni biografici.... *Essai biographique sur Lagrange; par* le même; Turin, 1840, in-8°.

Ippocrate.... *Hippocrate et les partisans de sa doctrine; par* le même; in-8°.

Sopra le acque.... *Sur les Eaux minérales de la Grèce, Mémoire lu à la réunion du congrès scientifique italien, tenu à Pise le* 9 *octobre* 1839; *par* M. Bouros, professeur à l'Université d'Athènes. (Extrait du *Polytechnique de Milan*, n° d'octobre 1839.) In-8°.

Ιωαννυ Βυρυ.... *Mémoire du* Dr J. Bouros *sur trois Poissons dont il est parlé dans les naturalistes anciens;* Athènes, 1840, in-8°.

Gazette médicale de Paris; n° 43, in-4°.

Gazette des Hôpitaux, nos 124—126, in-fol.

L'Expérience, journal; n° 173.

La France industrielle; 22 oct. 1840, in-fol.

COMPTE RENDU

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 2 NOVEMBRE 1840.

PRÉSIDENCE DE M. PONCELET.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Applications diverses des théorèmes relatifs à la convergence et à la transformation des séries; par* M. AUGUSTIN CAUCHY.

§ I^{er}. *Sur la convergence des séries qui représentent les développements des fonctions de fonctions.*

« Soient y une fonction de x, développable en série convergente, ordonnée suivant les puissances ascendantes et entières de x, pour tout module de x inférieur à X, et z une fonction de y, développable en série convergente, ordonnée suivant les puissances ascendantes et entières de y, pour tout module de y inférieur à Y. Il semble au premier abord que la fonction z devrait elle-même être développable en série convergente, ordonnée suivant les puissances ascendantes et entières de x, lorsqu'on aurait à la fois

$$(1) \qquad \text{mod. } x < \text{X}, \quad \text{et} \quad \text{mod. } y < \text{Y}.$$

Néanmoins le contraire peut arriver, comme nous l'avons déjà remarqué

dans la seconde livraison des *Résumés analytiques*. Ainsi, en particulier, si l'on pose

$$(2) \qquad y = 1 - \frac{1 - e^{-x}}{x}, \qquad z = \frac{1}{1-y} = \frac{x}{1 - e^{-x}},$$

y sera, pour toutes les valeurs de x, développable avec e^{-x} en série convergente ordonnée suivant les puissances ascendantes et entières de x; de plus z sera, pour tout module de y inférieur à l'unité, développable en série convergente ordonnée suivant les puissances ascendantes et entières de y; enfin le module de y restera inférieur à l'unité, pour toute valeur réelle et positive de x; et toutefois le développement de z suivant les puissances ascendantes de x cessera d'être convergent pour certaines valeurs réelles et positives de x. En effet, le développement dont il s'agit, en vertu de la seconde des équations (2), sera

$$(3)\ z = 1 + \frac{1}{2}x + \frac{1}{6}\frac{x^2}{1.2} - \frac{1}{30}\frac{x^4}{1.2.3.4} + \frac{1}{42}\frac{x^6}{1.2.3.4.5.6} - \text{etc.},$$

les coefficients numériques

$$\frac{1}{6}, \quad \frac{1}{30}, \quad \frac{1}{42}, \ldots$$

n'étant autre chose que les nombres de Bernoulli. Or, si l'on désigne par

$$a_2, \quad a_4, \quad a_6, \ \ldots$$

ces mêmes nombres, on aura généralement, d'après une formule connue,

$$a_n = \frac{1.2\ldots n}{2^{n-1}\pi^n}\left(1 + \frac{1}{2^n} + \frac{1}{3^n} + \ldots\right);$$

et par suite le coefficient de x^n, dans le second membre de la formule (3), sera, pour des valeurs paires de n,

$$(-1)^{\frac{n}{2}-1}\frac{2}{(2\pi)^n}\left(1 + \frac{1}{2^n} + \frac{1}{3^n} - \ldots\right).$$

Donc, pour de grandes valeurs de n, la racine $n^{\text{ième}}$ de ce coefficient se réduira sensiblement à

$$\frac{1}{2\pi};$$

et, en vertu du théorème sur la convergence des séries, énoncé dans mon *Analyse algébrique*, le développement de z sera convergent ou divergent, suivant que le module de x sera inférieur ou supérieur à 2π.

» On se trouve au reste ramené précisément aux mêmes conclusions par le théorème que j'ai rappelé dans le précédent Mémoire. En effet, suivant ce théorème, la fonction

$$z = \frac{x}{1-e^{-x}}$$

ne pourra cesser d'être développable en série convergente ordonnée suivant les puissances ascendantes et entières de x qu'à partir de l'instant où elle deviendra infinie ou discontinue, par conséquent, pour des modules de x supérieurs au plus petit des modules que présentent les racines de l'équation

$$\frac{1}{z} = 0,$$

ou

$$(4) \qquad \frac{1-e^{-x}}{x} = 0.$$

Or les racines de l'équation (4) coïncident avec celles des racines de l'équation

$$1 - e^{-x} = 0$$

qui diffèrent de zéro, c'est-à-dire avec les valeurs de

$$2k\pi\sqrt{-1}$$

correspondantes à des valeurs entières positives ou négatives de k. Donc les modules de ces racines se réduisent aux divers termes de la progression arithmétique

$$2\pi,\ 4\pi,\ 6\pi, \ldots$$

et le plus petit de ces modules à 2π.

» Nous avons vu que les conditions (1) peuvent être remplies sans que la valeur de z soit développable en série convergente ordonnée suivant les puissances ascendantes de x. Nous ajouterons que le développement pourrait avoir lieu dans des cas où l'une de ces conditions ne serait pas vérifiée. Ainsi, par exemple, si l'on suppose z déterminée en fonction de y,

et y en fonction de x, par les équations

$$(5) \qquad z = \frac{1}{1+y}, \quad y^2 + 2y - 2x(1+y) = 0,$$

dont la seconde donne

$$(6) \qquad y = x - 1 \pm \sqrt{1+x^2},$$

y sera développable en série convergente ordonnée suivant les puissances ascendantes de x, et z en série convergente ordonnée suivant les puissances ascendantes de y, dans les cas seulement où l'on aura

$$(7) \qquad \text{mod.}\, x < 1, \quad \text{mod.}\, y < 1.$$

Mais on aurait tort d'en conclure que z cesse toujours d'être développable en série convergente ordonnée suivant les puissances ascendantes de x, lorsque la seconde des conditions (7) cesse d'être remplie. En effet, si, dans la formule (6), on adopte le signe supérieur, elle donnera

$$(8) \qquad y = x - 1 + \sqrt{1+x^2},$$

puis on tirera de celle-ci, jointe à la première des équations (5),

$$(9) \qquad z = \frac{1}{x+\sqrt{1+x^2}} = -x + \sqrt{1+x^2}.$$

Donc la valeur de z, comme celle de y, sera développable en série convergente, tant que le module de x restera inférieur à l'unité, par exemple lorsqu'on prendra

$$x = \frac{4}{5}.$$

Mais, pour $x = \frac{4}{5}$, la formule (8) donnera

$$y = \frac{-1+\sqrt{41}}{5} > \frac{-1+6}{5},$$

ou, ce qui revient au même,

$$y > 1;$$

et par conséquent z pourra être développable en série convergente, sans que la seconde des conditions (7) se vérifie.

§ II. *Sur la convergence et la transformation des séries qui représentent les intégrales d'équations différentielles du premier ordre.*

» Considérons, pour fixer les idées, une seule équation différentielle du premier ordre entre l'inconnue x et la variable indépendante t. Cette équation pourra être présentée sous la forme

$$(1) \qquad \mathrm{D}_t x = \mathrm{P},$$

P étant une fonction donnée de x et de t. Soient d'ailleurs

$$\theta,\ \mathrm{x},\ \mathfrak{P},$$

des valeurs particulières et correspondantes de

$$t,\ x,\ \mathrm{P}.$$

L'inconnue x sera complétement déterminée par la double condition de vérifier, quel que soit t, l'équation (1), et pour $t=\theta$, la formule

$$(2) \qquad x = \mathrm{x}.$$

Cela posé, faisons

$$(3) \qquad \square = \mathfrak{P}\mathrm{D}_{\mathrm{x}},$$

et nominons

$$\square_{,},\ \square_{,,},\ldots$$

ce que devient $\square$, quand on y remplace successivement θ par diverses variables

$$\theta_{,},\ \theta_{,,},\ldots$$

La valeur de x, développée en série, sera

$$(4) \qquad x = \mathrm{x} + \int_t^\theta \square_{,}\mathrm{x}\,d\theta_{,} + \int_\theta^t \int_{\theta_{,}}^t \square_{,}\square_{,,}\mathrm{x}\,d\theta_{,,}\,d\theta_{,} + \ldots$$

» Dans le cas particulier où la fonction P cesse de renfermer la variable t, l'équation (4) donne simplement

$$(5) \qquad x = \left[1 + \frac{t-\theta}{1} \Box + \frac{(t-\theta)^2}{1.2} \Box^2 + \ldots \right] \mathrm{x}.$$

» Enfin, si l'on remplace l'équation (1) par la suivante

$$(6) \qquad \mathrm{D}_t x = \alpha \mathrm{P},$$

α étant un paramètre donné, et si l'on suppose toujours la valeur de $\Box$ déterminée par l'équation (3), les formules (4) et (5) se changeront en celles-ci

$$(7) \qquad x = \mathrm{x} + \alpha \int_0^t \Box_{,} \mathrm{x}\, d\theta_{,} + \alpha^2 \int_0^t \int_{\theta_{,}}^t \Box_{,} \Box_{,,} \mathrm{x}\, d\theta_{,} d\theta_{,,} + \ldots,$$

$$(8) \qquad x = \left[1 + \frac{\alpha(t-\theta)}{1} \Box + \frac{\alpha^2 (t-\theta)^2}{1.2} \Box^2 + \ldots \right] \mathrm{x}.$$

» Observons à présent qu'en vertu du théorème établi dans le *Compte rendu* de la dernière séance (page 645), on pourra, dans les formules (4), (5), ou (7), (8), et sans que les séries comprises dans les seconds membres de ces formules cessent d'être convergentes, faire croître ou le module de $t-\theta$, ou, ce qui revient au même, le module du paramètre α, jusqu'au moment où cet accroissement produira soit une valeur infinie de l'inconnue x, soit une valeur infinie ou discontinue de l'une des fonctions

$$\mathrm{P}, \quad \mathrm{D}_x \mathrm{P}.$$

Donc, si ces dernières fonctions ne peuvent devenir discontinues qu'en devenant infinies, les séries obtenues ne cesseront pas d'être convergentes jusqu'au moment où la valeur attribuée au module de $t-\theta$ ou de α permettra de remplir l'une des conditions

$$(9) \qquad x = \frac{1}{0}, \quad \mathrm{P} = \frac{1}{0}, \quad \mathrm{D}_x \mathrm{P} = \frac{1}{0}.$$

» Considérons spécialement le cas où P est indépendant de t. Alors l'équation (6) pourra s'écrire comme il suit

$$(10) \qquad \frac{dx}{\mathrm{P}} = \iota\, dt,$$

et son intégrale en termes finis sera

$$(11) \qquad \int_{\mathrm{x}}^{x} \frac{dx}{P} = \alpha(t-\theta).$$

Alors aussi chacune des conditions (9) fournira une ou plusieurs valeurs de x indépendantes de t; et, si l'on nomme a l'une quelconque de ces valeurs, x restera développable en série convergente ordonnée suivant les puissances ascendantes et entières de x, jusqu'au moment où le module de α acquerra la plus petite des valeurs qui permettent de vérifier une équation de la forme

$$(12) \qquad \int_{\mathrm{x}}^{a} \frac{dx}{P} = \alpha(t-\theta).$$

D'autre part, pour réduire l'équation (12) à la forme

$$\mathcal{F}[x, \alpha(t-\theta)] = 0,$$

il suffira de prendre

$$\mathcal{F}[x, \alpha(t-\theta)] = \int_{\mathrm{x}}^{x} \frac{dx}{P} - \alpha(t-\theta);$$

et comme alors, en désignant par ι une quantité infiniment petite, on trouvera

$$\frac{\mathcal{F}[\mathrm{x}+\iota, \alpha]}{\mathcal{F}[\mathrm{x}+\iota, 0]} = 1 - \alpha\left(\int_{\mathrm{x}}^{\mathrm{x}+\iota} \frac{dx}{P}\right)^{-1},$$

on en conclura, en supposant α nul après les différentiations,

$$\frac{1}{1.2\ldots(n-1)} D_\alpha^n \, l \, \frac{\mathcal{F}(\mathrm{x}+\iota, \alpha)}{\mathcal{F}(\mathrm{x}+\iota, 0)} = -\left(\int_{\mathrm{x}}^{\mathrm{x}+\iota} \frac{dx}{P}\right)^{-n}.$$

Donc la formule (5) de la page 658 (voir la séance du 26 octobre) donnera

$$(13) \qquad \square^n \mathrm{x} = \frac{1}{1.2\ldots n} D_\iota^{n-1}\left[\iota^n\left(\int_{\mathrm{x}}^{\mathrm{x}+\iota} \frac{dx}{P}\right)^{-n}\right],$$

ι devant être annulé après les différentiations.

» Appliquons maintenant les formules que nous venons d'obtenir à quelques exemples.

» D'abord, si l'on pose

$$P = x^m,$$

c'est-à-dire si l'on réduit l'équation (6) à

(14)
$$D_t x = a x^m,$$

m désignant une quantité entière positive ou négative, les formules (9) deviendront

(15)
$$x = \frac{1}{0}, \quad x^m = \frac{1}{0}, \quad x^{m-1} = \frac{1}{0};$$

et par suite, si m est positif, la seule valeur a de x propre à vérifier ces formules sera

$$a = \frac{1}{0}.$$

Donc alors la formule (12) donnera

(16)
$$\alpha(t - \theta) = \int_x^{\frac{1}{0}} \frac{dx}{x^m},$$

ou, ce qui revient au même,

(17)
$$\alpha(t - \theta) = \frac{1}{(m-1)x^{m-1}}.$$

Donc, si m est positif, l'inconnue x de l'équation (14) sera développable en série convergente ordonnée suivant les puissances ascendantes de α, jusqu'au moment où le module du produit $\alpha(t - \theta)$ atteindra le module du rapport

$$\frac{1}{(m-1)x^{m-1}}.$$

Si, au contraire, m est négatif, la dernière des formules (15) donnera $x = 0$; et c'est alors, en posant $a = 0$, qu'on verra la formule (12) se réduire à l'équation (17), tandis que la formule (16) donnerait

$$\alpha(t - \theta) = \frac{1}{0}.$$

Donc, dans ce cas encore, le plus petit des modules de α que pourra fournir l'équation (12) sera celui que détermine la formule (17). Ainsi, en définitive, quel que soit l'exposant m, le développement de x en série or-

donnée suivant les puissances ascendantes de α restera convergent, jusqu'au moment où le module de α permettra de vérifier la formule (17). Il est aisé de s'assurer que cette conclusion s'étend aux cas mêmes où l'exposant m deviendrait fractionnaire ou irrationnel, attendu que la fonction x^m et sa dérivée ne deviennent jamais discontinues que pour des valeurs nulles ou infinies de x. Au reste la conclusion dont il s'agit peut être facilement vérifiée sur l'intégrale en termes finis de l'équation (14), cette intégrale pouvant être présentée sous la forme

$$(18) \qquad x = \mathrm{x}\left[1 - (m-1)\,\mathrm{x}^{m-1}\,\alpha\,(t-\theta)\right]^{-\frac{1}{m-1}}.$$

» Pour que le développement de x en série ne cessât jamais d'être convergent, il faudrait que la valeur de α déterminée par l'équation (17) devînt infinie. Cette condition se trouve remplie pour une seule valeur de m, savoir, pour $m = 1$. Alors l'équation (14) devient

$$D_t x = \alpha x,$$

et la formule (18), réduite à

$$x = \mathrm{x}\, e^{\alpha(t-\theta)},$$

fournit une valeur de x qui est effectivement toujours développable en une série convergente ordonnée suivant les puissances de α. Alors aussi l'on a

$$\mathrm{x} = \square\mathrm{x} = \square^2\mathrm{x} = \ldots,$$

par conséquent

$$\square^n\mathrm{x} = \mathrm{x};$$

et la formule (13), réduite à

$$(19) \qquad D_t^{n-1}\left\{t^n\left[\mathrm{l}\left(1 + \frac{t}{\mathrm{x}}\right)\right]^{-n}\right\} = 1,$$

peut être facilement vérifiée pour les valeurs 1, 2, 3,... du nombre entier n.

» Supposons maintenant que l'on prenne

$$P = e^{x^m},$$

m étant un nombre entier quelconque; en sorte que l'équation (6) devienne

$$(20) \qquad D_t x = \alpha e^{x^m}.$$

Alors chacune des formules (6) donnera $x = 0$; et par suite la formule (12) sera réduite à

$$(21) \qquad \alpha(t-\theta) = \int_x^\infty e^{-x^m} dx.$$

Donc la valeur de x propre à vérifier l'équation (20) sera développable en série convergente ordonnée suivant les puissances ascendantes de α, tant que le module de $\alpha(t-\theta)$ sera inférieur au second membre de la formule (21).

» Si l'on suppose en particulier $m = 1$, les formules (20) et (21) deviendront

$$(22) \qquad D_t x = \alpha e^x,$$

$$(23) \qquad \alpha(t-\theta) = e^{-x}.$$

Effectivement, l'équation (22) pouvant être présentée sous la forme

$$e^{-x} dx = \alpha dt,$$

on en tire

$$x = x - l[1 - e^x \alpha(t-\theta)],$$

et cette dernière valeur de x est développable en série convergente ordonnée suivant les puissances ascendantes de α, tant que le module du produit $e^x \alpha(t-\theta)$ reste inférieur à l'unité.

» Si l'on supposait

$$m = 2 \quad \text{et} \quad x = 0,$$

le second membre de la formule (21) se réduirait à

$$\int_0^\infty e^{-x^2} dx = \tfrac{1}{2}\pi^{\frac{1}{2}}.$$

Donc si, en assujétissant l'inconnue x à vérifier, quel que soit t, l'équation différentielle

$$D_t x = \alpha e^{x^2},$$

on nomme θ la valeur de t correspondante à une valeur nulle de x, alors l'inconnue x sera développable en une série convergente ordonnée suivant les puissances ascendantes de α, tant que le module du produit $\alpha(t-\theta)$ n'atteindra pas la valeur déterminée par l'équation

$$\alpha(t-\theta) = \tfrac{1}{2}\pi^{\frac{1}{2}}.$$

» Dans chacune des applications que nous venons de faire de la formule (12), la limite a de l'intégrale que cette formule renferme était réelle. Mais cette limite, qui représente simplement une valeur de x propre à vérifier l'une des conditions (9), pourrait être imaginaire. Il arrivera même souvent que, pour tirer de la formule (12) le module cherché de α, l'on sera obligé de considérer comme imaginaire la valeur infinie de x, donnée par la première des formules (9). C'est ce qui arrivera en particulier, si l'on prend

$$\mathrm{P} = e^{-x^2}, \quad \text{ou} \quad \mathrm{P} = \sin x.$$

Dans des cas semblables, la valeur à laquelle pourra s'élever le module de α, sans que le développement de l'inconnue x cesse d'être convergent, dépendra de l'évaluation d'une intégrale définie pareille à celles que j'ai considérées dans un Mémoire publié en 1825, et qui sont prises entre des limites imaginaires.

» Dans le cas où P restera fonction de t, alors, pour rendre les deux dernières des formules (9) facilement applicables à la recherche des modules que peuvent acquérir α ou $t-\theta$, sans que le développement de x cesse d'être convergent, il sera utile de remplacer l'équation différentielle donnée entre x et t, par une équation différentielle entre la variable indépendante t et l'inconnue P ou $\mathrm{D}_x\mathrm{P}$. Après cette opération, pour tirer parti de la seconde des conditions (9), il s'agira seulement d'obtenir une intégrale particulière de l'équation différentielle entre t et P, savoir, la valeur de t correspondante à $\mathrm{P}=\frac{1}{0}$, en supposant connue la valeur $\mathfrak{P}$ de P correspondante à $t=\theta$.

» On reconnaîtra généralement de la même manière que les conditions de convergence des séries qui représentent les intégrales d'un système d'équations différentielles, sont toujours fournies par certaines intégrales particulières de ces mêmes équations.

» Au reste, les divers principes que nous venons d'établir seront développés avec plus d'étendue dans de nouveaux articles. »

M. Liouville présente une Note intitulée: *Addition au Mémoire sur la convergence d'une classe de séries, inséré dans le* Compte rendu *de l'avant-dernière séance.*

PHYSIQUE. — *Mémoire sur la constance de l'absorption calorifique exercée par le noir de fumée et par les métaux; et sur l'existence d'un* POUVOIR DIFFUSIF *qui, par ses variations, change la valeur du pouvoir absorbant chez les autres corps athermanes; par* M. Melloni. (Extrait par l'auteur.)

(Commission précédemment nommée.)

« Le titre de ce Mémoire indique nettement le but que je me suis proposé. Il y avait de grandes difficultés à vaincre pour démontrer que le noir de fumée, soumis à l'action de diverses espèces de chaleurs rayonnantes, en absorbe toujours la même proportion. La question serait de suite résolue si l'on pouvait exposer successivement le même corps noirci à des rayonnements égaux, tirés de plusieurs sources calorifiques; car un thermomètre, plongé dans l'intérieur de ce corps, montrerait, par l'élévation plus ou moins grande de sa température, si les quantités de chaleur absorbées varient ou non avec la qualité de la chaleur incidente. Mais comment juge-t-on de l'égalité des rayonnements calorifiques? Par des thermomètres ou des thermoscopes. Or, lorsqu'on destine ces appareils aux expériences de chaleur rayonnante, il est indispensable, comme nous le verrons plus bas, de les couvrir de noir de fumée; d'autre part, pour comparer deux forces quelconques, il faut de toute nécessité que l'effet qu'elles donnent sur l'instrument qui leur sert de mesure soit censé exactement proportionnel à leur propre énergie. Ainsi l'on ne peut évaluer l'intensité relative des rayons de chaleur qu'en admettant le principe en question : l'expérience du thermomètre plongé dans l'intérieur du corps noirci serait donc tout-à-fait illusoire. Pour arriver à la solution du problème, je montre d'abord que la chaleur rayonnante subit à la surface des corps une *diffusion* analogue à celle de la lumière. A cet effet, je prends un disque de bois, dont l'une des faces est blanche et l'autre noire; je le fixe verticalement sur une tige mobile autour de son axe, et ayant amené successivement, par une demi-révolution du disque, les deux surfaces en présence du rayonnement d'une lampe concentré par une lentille de verre, je recueille à chaque fois, avec un thermomètre très sensible muni d'un réflecteur, la radiation calorifique secondaire projetée

par le côté où frappent les rayons directs, après que cette radiation a traversé une lame de verre interposée entre le disque et le thermomètre. Dans le cas de la face noire il n'y a aucun signe de chaleur; mais les choses se passent tout autrement pour la face blanche, où j'obtiens une indication calorifique très intense. Il est bien connu que jamais les corps blancs ne peuvent s'échauffer plus que les corps noirs sous l'influence d'un rayonnement quelconque, et, dans les circonstances où nous opérons, la face noire ne donne rien; donc la grande action de la face blanche ne dérive point de la chaleur absorbée, mais d'une véritable dispersion semblable à la diffusion qu'éprouvent les rayons lumineux sur la partie extérieure des corps opaques : je cite, en effet, plusieurs moyens d'après lesquels je me suis assuré que cette chaleur dispersée rayonne dans tous les sens autour du centre d'action, comme on l'observe pour la lumière diffuse. Cela posé, je donne la description d'une expérience qui prouve en même temps, et l'action diffusive variable qu'une surface blanche exerce sur les rayons calorifiques des différentes sources, et l'absorption constante du noir de fumée pour toutes sortes de chaleurs. Au moyen de mon thermomètre très sensible à réflecteur, soigneusement abrité des rayons directs de la source, je mesure successivement les deux radiations secondaires projetées par les surfaces, antérieure et postérieure, d'un disque immobile et soumis à un rayonnement donné, et je juge ainsi de leur intensité relative; je répète les mêmes observations sur plusieurs espèces de chaleurs, en employant deux disques en carton mince, l'un desquels est peint en noir, et l'autre couvert d'une substance plus ou moins blanche : le premier de ces disques fournit constamment le même rapport entre les radiations vibrées par les deux faces, le second donne des rapports très différents. Voici, par exemple, les résultats relatifs à quatre espèces de rayons disposés d'après l'ordre des températures des sources dont ils émanent.

Pour le disque noir............ $\frac{10}{12}$ ... $\frac{10}{12}$ ... $\frac{10}{12}$ ... $\frac{10}{13}$;
Pour le disque blanc............ $\frac{10}{14}$ ... $\frac{10}{18}$ ... $\frac{10}{26}$ ... $\frac{10}{64}$.

» Maintenant il suffit de remarquer que la face postérieure de chaque disque rayonne par suite de la seule chaleur absorbée tandis que la face antérieure agit en même temps en vertu des radiations dues à l'absorption et à la diffusion, pour conclure immédiatement de ces nombres : 1° que le noir de fumée absorbe et disperse toute espèce de rayons calori-

fiques avec la même énergie; 2° que la diffusibilité de la chaleur sur la surface du disque blanc augmente avec la température de la source. Les questions que nous venons de traiter si rapidement ne sont pas les seules que j'examine dans le courant de mon Mémoire : je considère aussi l'invariabilité que l'on observe, dans toutes les circonstances imaginables, entre le pouvoir absorbant d'un métal, et celui du noir de fumée; je mets en évidence les erreurs de quelques méthodes expérimentales de Leslie relatives à l'appréciation de l'énergie avec laquelle les rayons de chaleur sont absorbés par les corps ; je montre l'incertitude qui dominait sur plusieurs points très importants de la science lorsqu'on n'était pas encore parvenu à démontrer l'égalité d'absorption des surfaces noircies pour toute sorte de rayons calorifiques; j'établis des comparaisons entre les actions diverses que les mêmes corps exercent sur la lumière et la chaleur; je prouve enfin l'inexactitude de la loi de réciprocité admise jusqu'ici par les physiciens entre le pouvoir réflecteur et le pouvoir absorbant des corps. Mais les bornes d'un extrait ne me permettant pas de donner à ces divers sujets l'étendue convenable, je n'entrerai dans aucun développement à leur égard, et je me contenterai de renvoyer le lecteur au Mémoire original, qui paraîtra dans une des prochaines livraisons des *Annales de Chimie et de Physique*. Je transcris seulement les conclusions suivantes, insérées à la fin de mon travail.

» I. Les couches superficielles des corps font subir à la chaleur rayonnante une dispersion analogue à la diffusion lumineuse.

» II. On possède des moyens sûrs pour distinguer la diffusion calorifique du rayonnement qui dérive de la chaleur propre du corps; malgré que l'une et l'autre radiation se composent également de filets élémentaires rayonnants dans tous les sens autour du centre d'action.

» III. Le noir de fumée produit une diffusion extrêmement petite, et égale pour toute sorte de radiations.

» IV. Il en est bien autrement des autres substances et surtout des corps blancs, qui dispersent fortement les rayons de l'incandescence, et faiblement ceux qui tirent leur origine des sources à basse température.

» V. Ce caractère tout spécial suffit pour montrer que l'on ne saurait attribuer le phénomène de la diffusion calorifique à une réflection quelconque régulière, ou irrégulière; car celle-ci aurait lieu avec la même énergie pour toute sorte de chaleurs.

» VI. L'action dispersive des métaux est, généralement parlant, plus intense que celle des corps blancs : elle en diffère surtout par son inva-

riabilité, et se rapproche sur ce point de la faible diffusion que l'on observe sur le noir de fumée.

» VII. De la comparaison entre les phénomènes de la diffusion calorifique et ceux de la diffusion lumineuse, il résulte, 1° que le noir de fumée est une véritable matière noire, tant pour la lumière que pour la chaleur rayonnante; 2° que les corps blancs se comportent, à l'égard du calorique rayonnant, comme les substances colorées par rapport à la lumière; 3° que les métaux agissent sur les radiations calorifiques comme le font les corps blancs sur les radiations lumineuses.

» VIII. La diffusion renvoie une partie des rayons incidents proportionnelle à sa propre énergie, et diminue ainsi l'absorption calorifique de toute la portion de chaleur qui a été dispersée par l'action de la surface. Il en est de même de la réflection spéculaire, où la quantité de chaleur absorbée décroît à mesure que la quantité de chaleur réfléchie augmente. Le pouvoir absorbant est donc en raison inverse des pouvoirs diffusif et réflecteur; et l'on ne saurait tirer aucune induction exacte relativement à l'absorption sans prendre en considération les pertes causées par l'ensemble de ces deux pouvoirs. Si l'on voulait calculer la quantité de chaleur qui pénètre dans l'intérieur d'un corps en négligeant l'une ou l'autre action répulsive de sa surface, on tomberait souvent dans des erreurs fort graves. Un métal perd entièrement son pouvoir réflecteur lorsqu'il est recouvert d'une feuille de papier ordinaire, ou peint avec du blanc de céruse. Faut-il pour cela en inférer que les couches additionnelles de papier ou de céruse absorbent toute la chaleur incidente? Non, sans doute, car ces substances repoussent énergiquement différentes espèces de rayons calorifiques en vertu de leur pouvoir dispersif, et ne retiennent que les seuls rayons indiffusibles par l'action des matières blanches : ainsi, la loi connue de réciprocité entre le pouvoir réflecteur et le pouvoir absorbant n'est point exacte. On avait cru démontrer par une expérience analogue l'absorption totale de la chaleur rayonnante par le noir de fumée. Un miroir sphérique ou parabolique en métal noirci, exposé au rayonnement d'une source calorifique, ne donne aucun signe de chaleur sur la boule focale du thermoscope le plus délicat. On en concluait que le noir de fumée absorbe la totalité de la chaleur incidente: mauvaise argumentation, fondée sur deux fausses hypothèses, la possibilité de la réflection sur une surface complétement dépolie, et la non-existence de la diffusion calorifique.

» IX. Les thermoscopes et les thermomètres ayant leurs boules libres, ne peuvent servir à la comparaison des rayonnements calorifiques, parce

que certaines espèces de chaleurs passent immédiatement d'un côté à l'autre des réservoirs sans produire aucune impression sur l'air intérieur; ou bien parce que ces mêmes rayons traversent, sans la chauffer, la paroi antérieure du verre, subissent la réflection du mercure, et sont repoussés au dehors sans avoir réagi sur le corps thermoscopique : il faut donc empêcher le transmission libre au moyen de substances athermanes. Mais la plus grande partie de ces substances repoussent plus ou moins énergiquement par la diffusion diverses espèces de chaleur, et on ne pourrait les employer à revêtir les boules thermométriques sans retomber dans un inconvénient tout-à-fait analogue à celui que l'on voudrait éviter. Donc l'athermanéité indispensable aux thermomètres, aux thermoscopes, et en général à tous les instruments destinés à l'étude de la chaleur rayonnante, doit nécessairement s'obtenir en appliquant sur la surface de l'instrument une couche suffisamment épaisse de noir de fumée, substance qui, agissant indistinctement sur les différentes qualités de chaleur, et les absorbant toutes dans les conditions nécessaires pour en avoir une mesure exacte, est la seule capable de les communiquer au corps thermoscopique dans les conditions nécessaires pour en avoir une mesure exacte, soit par les dilatations des fluides, soit par les déviations que les courants thermo-électriques impriment à l'aiguille aimantée. Une feuille de métal produirait le même effet, mais elle diminuerait trop considérablement la sensibilité des thermoscopes : par la même raison on ne peut laisser à l'état naturel les faces en métal des piles thermo-électriques, et l'on est obligé de les peindre en noir, afin de communiquer au thermo-multiplicateur cette prodigieuse sensibilité et cette admirable promptitude d'indications qui rend cet instrument si précieux pour la science de la chaleur rayonnante. »

M. **Biot** exprime le vœu que, dans ses expériences sur la chaleur réfléchie par radiation, M. Melloni voulût bien essayer la vérification des deux analogies suivantes :

« 1°. Cette chaleur présente-t-elle les apparences d'une polarisation prédominante, perpendiculairement au plan d'entrée et de sortie des rayons, comme M. Arago a découvert et constaté que cela a lieu pour la lumière?

» 2°. L'intensité de la chaleur renvoyée par la radiation d'un plan uniformément impressionné, varie-t-elle aux diverses distances angulaires de la normale? et, si cette variation existe, suit-elle la même loi que celle qu'on observe dans la lumière?

ZOOLOGIE. — *Note sur une espèce d'Éponge qui se loge dans la coquille de l'huître* à pied de cheval (*Ostrea hippopus*, LAMARCK), *en creusant des canaux dans l'épaisseur des valves de cette coquille; par* M. **DUVERNOY.**

« Tous les naturalistes qui se sont occupés de l'histoire des *mollusques bivalves,* connaissent le fait singulier de l'habitation de plusieurs espèces dans des rochers calcaires sous-marins, dans lesquels elles se creusent des canaux plus ou moins profonds, dont le diamètre est le plus souvent en rapport avec le petit diamètre de la coquille. Tels sont les *Lithodomes,* les *Pétricoles* et les *Pholades.*

» On s'est demandé par quel moyen ces animaux à corps mou, sans aucune partie dure que leur coquille, parvenaient à miner ainsi, dans la pierre, d'assez longues avenues, souvent sinueuses? Les uns l'ont attribué à l'action mécanique des valves, et n'ont pas été détournés de cette explication par l'extrême minceur et la grande fragilité de la partie tranchante de ces valves (1). D'autres ont pensé à l'action d'un suc dissolvant sécrété par l'animal, et au moyen duquel il ramollirait la pierre calcaire. *Poli,* en Italie, M. *Fleuriau de Bellevue,* en France; M. *Ed. Osler,* en Angleterre, se sont occupés de cette question intéressante, sans la résoudre encore à la satisfaction générale.

» Dans un séjour que j'ai fait à Dieppe, au mois de septembre dernier, j'ai vu que plusieurs des *Patelles* attachées aux rochers que la marée basse découvre, s'y enfoncent sensiblement, en creusant une fossette de quelques millimètres de profondeur, dont le contour est exactement moulé sur celui de la coquille. Comme celle-ci est oblongue, si l'animal creusait cette fosse par le frottement mécanique des bords de la coquille, elle devrait avoir nécessairement des dimensions plus considérables; car le frottement de ces bords contre le rocher supposerait un déplacement qui userait une surface plus étendue que celle qui répondrait exactement à ce bord. Une autre difficulté serait de comprendre comment la Patelle parviendrait à user également les parties centrales ou l'aire que circonscrivent les bords de sa coquille?

» Ce raisonnement et l'observation que j'ai faite du ramollissement sin-

(1) Réaumur, *Mémoires de l'Académie royale des Sciences* pour 1712, p. 127. — M. Cuvier, *Règne animal,* T. III, p. 137, note 1.

gulier de la pierre dans toute sa surface en contact avec l'animal, me persuadent qu'il la creuse par l'action d'un suc acide qui produit ce ramollissement. J'espère être à même incessamment de préciser cette opinion par des observations directes.

» En attendant, je vais communiquer à l'Académie une observation qui tend également à la solution de cette question de physique animale.

» J'ai rapporté de la même excursion de très curieux exemplaires de la grande huître, qu'on distingue comme espèce sous le nom d'*huître à pied de cheval* (*Ostrea hippopus*, Lamarck).

» Ces exemplaires, dont plusieurs sont d'une grandeur remarquable, renfermaient, au moment où je les ai obtenus d'un pêcheur, des animaux très vivaces, qui continuaient de vivre lors de mon retour à Paris. Les valves en sont couvertes, dans la plus grande partie de leur surface, de nombreuses *Serpules*, de *Polypiers calcaires* ou *flexibles*, d'*Alcyons*, d'*Éponges*, enfin d'*Anomies*; sans compter la place occupée par les individus de la même espèce qui s'étaient rapprochés ou agglutinés les uns aux autres.

» Ces mêmes coquilles montrent, dans les parties qui ne servent pas d'assises à d'autres animaux, des taches rondes indiquant des trous ou des orifices de canaux dont le diamètre peut varier d'un quart de millimètre à deux ou trois millimètres. Les plus petits de ces orifices sont jaune sale, les plus grands sont brun foncé et même noirs.

» Les uns sont pleins, les autres vides. Ceux-ci conduisent dans des canaux sinueux dont l'étendue dans l'épaisseur de la coquille est en raison de leur diamètre. Les plus petits pénètrent peu dans l'épaisseur de la valve, et ne percent que quelques-unes des lames d'accroissement les plus superficielles; les plus grands traversent toute cette épaisseur, jusqu'à la nacre exclusivement.

» Ces canaux sont parfois très sinueux, et en même temps très branchus, de manière à communiquer, par plusieurs orifices, avec la surface de la coquille.

» Leurs parois sont unies et souvent colorées en jaune sale, rarement en brun noirâtre.

» Voici maintenant ce que j'ai trouvé dans ceux qui sont pleins. Ils ont à leur entrée, jusqu'à deux millimètres de profondeur et plus, un corps spongieux, cylindrique, qui en remplit exactement la cavité, comme un bouchon.

» Ce corps a une partie operculaire et extérieure qui se distingue, en-

tre autres, de celle qui s'enfonce dans le canal, par une couleur plus foncée. La surface de cette partie extérieure est inégale, raboteuse et celluleuse. On remarque quelquefois au centre de cette sorte d'opercule un ou plusieurs orifices rapprochés.

» Si l'on examine les côtés ou le pourtour de cette petite éponge cylindrique, car ce corps est indubitablement une espèce d'éponge, on les trouve assez unis, quoique d'apparence celluleuse et feutrée.

» Ce court cylindre spongieux, qui est presque entièrement plein vers la surface externe, sauf l'ouverture unique ou les petits orifices rapprochés que nous avons indiqués à la partie centrale, s'évase et se creuse rapidement du côté interne et ne tarde pas à n'être plus qu'une sorte de boyau membraneux, qui se prolonge dans les canaux anfractueux que nous avons décrits, et tapisse leur paroi. Mais cette membrane se distingue encore par sa couleur jaune ou brunâtre ou par les spicules dont elle est pénétrée et qui hérissent sa paroi interne.

» Dans la partie la plus solide notre petite éponge a de même son tissu composé de spicules disposées en différents sens, formant comme un feutre de ce tissu : il a évidemment le caractère de celui des éponges et plus particulièrement des *calcéponges,* ou des éponges à spicules de nature calcaire.

» Plusieurs branches aboutissant à la surface de la coquille se joignent dans l'intérieur des canaux, de sorte que l'ensemble peut être considéré comme une éponge agrégée ou composée de plusieurs autres.

» L'accroissement de ces éponges se fait de dehors en dedans; ce que je crois avoir constaté par le peu de profondeur et les anfractuosités formées de petits canaux, qui ne traversent que les couches d'accroissement les plus superficielles de la coquille; tandis que les plus grands pénètrent jusqu'à la nacre.

» Ce qu'il y a de plus frappant, de plus particulier dans l'histoire de cette espèce, c'est la faculté qu'elle a de se creuser des canaux anfractueux dans l'épaisseur des coquilles d'huîtres, lesquels sont très comparables aux canaux creusés par les *Lithodomes*, les *Pétricoles* et les *Pholades*.

» Ici les moyens mécaniques sont évidemment nuls. Il n'y a que les moyens chimiques qui puissent être mis en jeu par un organisme privé de toute espèce de force motrice apparente. Ajoutons que les animaux des huîtres dont les valves étaient ainsi pénétrées de cette éponge rameuse, ne paraissaient en souffrir nullement.

» Sans doute ces coquilles criblées, comme vermoulues, n'ont pu échap-

per aux observations des naturalistes (1); mais je ne connais aucune publication qui prouve qu'ils ont cherché à en déterminer la cause. Jusqu'à plus ample informé j'ai donc lieu de croire que mon observation est nouvelle, relativement à la détermination et aux caractères de l'éponge qui vit dans l'intérieur des coquilles d'huîtres. Dans ce cas elle pourrait contribuer à avancer singulièrement la solution de la question de physique animale que j'ai proposée en commençant cette Note.

» Voici d'ailleurs les caractères qui distinguent cette espèce, outre celui, unique jusqu'à présent, de son habitation :

» *Elle est cylindrique, rameuse, brune ou jaune sale à l'extérieur, moins foncée dans le reste de sa longueur; pleine ou à peu près dans cette première partie et plus fibreuse que membraneuse; creuse et en forme de boyau dans le reste de son étendue et plus membraneuse que fibreuse.*

» Cette espèce, dont le diamètre n'excède guère trois millimètres, entrerait dans le groupe des *Calcéponges* de M. de Blainville sous le nom spécifique de *perforante* : ce serait notre *Spongia terebrans.* »

M. **Geoffroy Saint-Hilaire**, à l'occasion d'un ouvrage présenté à l'Académie dans sa dernière séance, fait remarquer que depuis quelques années les études des zoologistes ont pris, en général, une direction nouvelle; que ceux même qui s'occupent plus spécialement de la description des espèces ont compris que là n'est pas l'histoire naturelle tout entière, et senti la nécessité d'aborder des considérations d'un ordre plus élevé. « La zoologie générale, dit M. Geoffroy, est en ce moment même l'objet de travaux fort remarquables : qu'il me soit permis de citer ici en particulier les propositions sur la loi de *soi pour soi* par lesquelles M. *Maxime Vernois* a terminé sa thèse pour le doctorat, et un morceau de physiologie générale de M. *Antelme*. Ces deux ouvrages seront mis prochainement sous les yeux de l'Académie. La loi de l'*affinité de soi pour soi* vient aussi d'être posée, dans un livre consacré à des questions de haute philosophie, *L'Humanité*, dont l'auteur est M. *Pierre Leroux*. »

---

(1) On en voit de plusieurs espèces d'huîtres, parmi les exemplaires de la collection du Muséum exposés à la vue du public. M. *Alcide d'Orbigny* m'a dit, il y a trois jours, en avoir observé sur les côtes de France et dans ses voyages. Il a même remarqué que ces taches provenaient d'une substance comme spongieuse, brune ou jaune. Il était conséquemment sur la voie de cette découverte.

M. **Dutrochet** dépose, sous enveloppe cachetée, une Note relative à des recherches dont il se propose de communiquer plus tard les résultats à l'Académie.

RAPPORTS.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Rapport sur le nouveau système de navigation à vapeur de* M. le marquis **Achille de Jouffroy.**

(Commissaires, MM. Poncelet, Gambey, Piobert, Aug. Cauchy rapporteur.)

« L'Académie nous a chargés, MM. Poncelet, Gambey, Piobert et moi, de lui rendre compte d'un nouveau système de navigation à la vapeur. Ce système, dont l'Académie s'est déjà occupée, est celui qu'a présenté M. le marquis Achille de Jouffroy, c'est-à-dire le fils même de l'inventeur des pyroscaphes. On sait en effet aujourd'hui que le marquis Claude de Jouffroy, après avoir, dès 1775, exposé ses idées sur l'application de la vapeur à la navigation devant une réunion de savants et d'amis, parmi lesquels se trouvaient MM. Perrier, d'Auxiron, le chevalier de Follenay, le marquis Ducrest et l'abbé d'Arnal, a eu la gloire de faire naviguer sur le Doubs, en 1776, et sur la Saône, en 1780, les premiers bateaux à vapeur qui aient réalisé cette application. Déjà le savant rapport de MM. Arago, Dupin et Séguier a rappelé l'expérience solennelle faite à Lyon, en 1780, expérience dans laquelle un bateau à vapeur, construit par M. Claude de Jouffroy, chargé de 300 milliers, et offrant les mêmes dimensions auxquelles on est maintenant revenu dans la construction des meilleurs pyroscaphes, a remonté la Saône avec une vitesse de plus de deux lieues à l'heure. Déjà l'on a signalé l'hommage rendu à l'auteur de l'expérience de Lyon par ce même Fulton qui long-temps a passé en France pour avoir découvert la navigation à la vapeur. Déjà enfin les expériences auxquelles ont assisté les premiers Commissaires sont connues de l'Académie; déjà elle sait que non-seulement le nouvel appareil d'impulsion proposé par M. Achille de Jouffroy est tout-à-fait rationnel en théorie; mais aussi que cet appareil, appliqué sur la Seine à une goélette d'environ 120 tonneaux, a fidèlement rempli sa mission, et a même fourni le moyen de remettre à flot, sans attendre la crue de la rivière, la goélette, dont la quille, dans une de

ces expériences, s'était engagée sur toute sa longueur dans un gravier résistant. Les perfectionnements apportés par M. de Jouffroy dans la construction de son appareil dont la force est devenue plus considérable, et les expériences nouvelles, exécutées sous nos yeux, ne laissent plus de doutes dans notre esprit sur les avantages que présente le nouveau système de navigation. Pour que l'Académie puisse apprécier les motifs de notre conviction, nous allons entrer ici dans quelques détails.

» Considérons un bâtiment qui, plongé en partie dans un liquide, porte en lui-même un moteur quelconque, par exemple, une machine à vapeur. Ce moteur pourra être utilement employé pour faire marcher le bâtiment dans une certaine direction, s'il communique le mouvement à un appareil qui refoule une portion du liquide dans la direction opposée. Cette portion du liquide sera en quelque sorte un point d'appui pour l'appareil locomoteur; mais ce sera un point d'appui qui cédera en partie à l'action de la force motrice, et qui rendra utile une partie de cette force d'autant plus petite qu'il aura moins de fixité. Ajoutons que la quantité de travail produite par la machine à vapeur, et non consommée par les frottements dans son passage au travers de la machine et de l'appareil locomoteur, se divisera en deux parties, dont la première surmontera la résistance opposée à la marche du bâtiment par la masse de liquide qui le précède, tandis que la seconde chassera en arrière une portion plus ou moins considérable de la masse de liquide qui le suit. Observons encore que le rapport suivant lequel la quantité de travail se partagera entre ces deux masses, dépendra surtout de l'étendue de la surface présentée au liquide par l'appareil locomoteur. En général la vitesse du bâtiment croît avec cette surface, sans pouvoir dépasser la vitesse qui aurait lieu si cette même surface devenait infinie.

» Appliquons ces principes généraux à la discussion des avantages ou des inconvénients que présentent l'appareil locomoteur maintenant en usage, et celui par lequel M. Jouffroy se propose de le remplacer.

» Les bâtiments à vapeur sont, comme on sait, armés généralement, sur leurs côtés, de roues à aubes qui tournent sur elles-mêmes d'un mouvement continu. Dans les bâtiments que l'on emploie d'ordinaire, dans *le Sphynx*, par exemple, la surface de chaque aube est d'environ deux mètres carrés. Deux ou trois aubes seulement se trouvent, à un instant donné, plongées dans la masse liquide.

» L'appareil que M. de Jouffroy propose de substituer aux roues à aubes se compose de deux palmes ou pattes de cygne articulées, placées à

l'arrière du bâtiment et douées d'un mouvement alternatif, qui s'ouvrent pour frapper l'eau à reculons, et se ferment ensuite pour revenir à la place qu'elles occupaient d'abord. L'heureuse idée de cet appareil a été suggérée à M. de Jouffroy, comme il le dit lui-même, par le desir bien naturel d'imiter cet admirable mécanisme dont la sagesse du créateur a pourvu le cygne et les oiseaux navigateurs destinés par elle à sillonner la surface des eaux. Pour une frégate de 44 canons, la superficie de chaque palme serait d'environ 20 mètres carrés.

» Or la surface des palmes, étant très considérable par rapport à la surface immergée des aubes, donne aux palmes cet avantage, qu'avec la même force motrice elles impriment une moindre vitesse au liquide placé en arrière du bâtiment, et par suite une vitesse plus grande au bâtiment lui-même. D'ailleurs, les palmes, agissant toujours en sens opposé de la direction que suit le bâtiment, ne produisent qu'un effet utile à la marche de celui-ci. On ne pourrait en dire autant des aubes qui, en raison de leur mouvement rotatoire, lorsqu'elles ne sont pas articulées, choquent et poussent le fluide dans diverses directions (1).

» On ne sera donc point étonné d'apprendre que les expériences faites en notre présence, et dans lesquelles nous nous sommes surtout proposé de comparer les deux systèmes l'un à l'autre, soient entièrement favorables au nouveau système. Il résulte en particulier de ces expériences, que le nouveau système présente une grande économie de force motrice, et par conséquent de combustible.

» Aux avantages que nous avons signalés dans le nouveau système, on doit joindre la facilité que présentent les palmes de pouvoir être appliquées à toutes sortes de bâtiments, même armés de voiles. Ajoutons que la grande profondeur à laquelle elles travaillent tend à les préserver d'un inconvénient offert par les roues à aubes qui peuvent devenir inutiles ou même nuisibles, non-seulement au milieu d'une tempête pendant laquelle ces roues se trouveraient exposées, avec les tambours qui les renferment, au choc violent des lames et des vents, mais aussi dans un bâtiment marchant sous voiles par un vent largue, puisque alors une des roues, sortant de l'eau, tournerait à vide, l'autre étant noyée. Observons encore qu'appliquées à un bâtiment de guerre, les roues, en obstruant au

---

(1) Quant aux roues à aubes articulées, pour produire le même effet que les autres roues, elles paraissent exiger que l'on augmente leur vitesse, en augmentant la force motrice elle-même d'environ un douzième.

moins douze sabords, le privent d'autant de canons, et peuvent d'ailleurs être facilement endommagées par l'artillerie, tandis que les palmes, travaillant sous l'eau et se dérobant à la vue, courent beaucoup moins de dangers, et ne causent nul embarras.

» Parmi les avantages que les palmes ont sur les roues, ceux qui tiennent à une plus grande étendue de la surface présentée au liquide par l'appareil locomoteur, diminuent à mesure que l'on augmente la superficie des aubes. Mais cette superficie ne saurait être, sans des inconvénients graves, augmentée au point de rendre l'effet produit par les roues comparable à celui que produisent les palmes, surtout pour les bâtiments de grandes dimensions. Quant aux bâtiments de petites dimensions, plus particulièrement destinés à naviguer sur les canaux, on peut à la vérité leur appliquer des roues dont les aubes offrent une superficie comparable à celle des palmes; mais il est juste d'observer d'une part que les roues, en élargissant les bâtiments, exigent une plus grande largeur des canaux mêmes, et d'autre part que ces roues, en traversant sans cesse la surface de l'eau, soit pour entrer dans la masse liquide, soit pour en sortir, produisent à cette surface une agitation dont l'expérience démontre l'influence destructive sur les berges des canaux.

» Nous aimons à croire que la vue de tous les avantages ci-dessus indiqués déterminera la marine française à faire en grand l'essai du nouveau système; que, si M. de Jouffroy père a pu voir ses belles expériences trop long-temps oubliées dans sa patrie, le fils sera plus heureux; et que cette fois du moins la France ne se laissera pas ravir une découverte qui peut devenir si utile à ceux qui les premiers auront su en profiter.

» Avant de terminer ce rapport, nous ferons une dernière observation qui n'est pas sans importance. Quelles que soient la perfection et l'utilité d'un appareil, il peut arriver que dans certains cas cette utilité devienne douteuse ou même disparaisse entièrement. La grande mobilité des roues doit être recherchée dans un chariot, dans une voiture, et pourtant le chemin peut offrir une pente tellement rapide, qu'on soit obligé de les enrayer. Personne ne conteste l'utilité des voiles pour faire marcher un navire sous l'action du vent, et toutefois cette action peut être tellement violente, qu'il devienne absolument nécessaire de les carguer ou même de les caler. Enfin les roues à aubes peuvent devenir non-seulement inutiles, mais encore nuisibles, et même le deviendront généralement dans les vaisseaux marchant sous voiles, comme nous l'avons expliqué. Les palmes seraient-elles seules exemptes des inconvénients que peu-

vent offrir, en des circonstances données, les autres appareils? Attachées, comme M. de Jouffroy le suppose, à la poupe d'un bâtiment, seraient-elles assez solides pour n'avoir rien à craindre, dans une mer violemment agitée, du choc des vagues et d'un mouvement de tangage très marqué? Il faudra évidemment recourir à l'expérience en grand, pour être en état de résoudre cette question. Si l'expérience prouve que dans la navigation en pleine mer, et dans les temps d'orage, le nouvel appareil ne peut travailler sans être compromis, ce que l'on devra faire alors ce sera de le mettre au repos, non en le ramenant sur le pont, comme on l'avait proposé d'abord, mais en le ramenant au contraire sous les flancs du navire, où il pourra demeurer en sûreté. Il deviendra pour un temps inutile, comme le sont les voiles ou les roues dans des cas semblables, et reprendra ses fonctions lorsque la tempête sera calmée.

» En résumé, l'avantage incontestable qu'offrent les palmes de pouvoir s'adapter à toutes sortes de bâtiments, de guerre ou de commerce, grands ou petits, quelle que soit d'ailleurs leur construction, sans exiger aucune modification dans leur voilure, sans priver les bâtiments de guerre d'une partie de leurs canons, sans élargir la voie des bâtiments de commerce destinés à naviguer sur les canaux; les avantages non moins évidents qu'elles tiennent de leur immersion totale, de la direction unique et toujours utile de leur mouvement propre, et de la grande étendue de surface qu'elles présentent au liquide, doivent faire vivement souhaiter que la marine française essaie en grand le nouveau système. Cet essai paraît d'autant plus desirable, qu'une économie notable de force motrice et de combustible est indiquée par la théorie comme conséquence nécessaire des avantages que nous venons de signaler. Nous dirons même que, suivant l'opinion personnelle de tous les membres de la Commission, cette économie est déjà suffisamment constatée par les diverses expériences exécutées jusqu'à ce jour, soit par celles qui, en présence des premiers Commissaires, ont été tentées sur une goélette d'environ 120 tonneaux, pourvue d'un appareil malheureusement trop faible et encore imparfait, soit par celles que nous avons dû exécuter sur le petit modèle présenté à l'Académie et soumis par elle à notre examen. Nous pensons d'ailleurs que, dès à présent, il est juste de reconnaître les avantages du nouveau système tels que nous les avons définis, et que ce système est très digne de l'approbation de l'Académie. »

Les conclusions de ce Rapport sont adoptées.

« *P. S.* Nous joignons à ce Rapport les résultats de quelques expériences qui peuvent donner une idée des avantages que le nouveau système présente sur l'ancien, relativement à l'économie de force motrice.

EXPÉRIENCES.

» Pour rendre plus faciles des expériences propres à faire connaître les avantages ou les inconvénients du nouveau système, M. de Jouffroy a construit sur l'échelle de 1 mètre pour 37 mètres, une frégate modèle qu'il arme à volonté de pattes de cygne ou de roues à aubes, dont les dimensions ont avec celles du modèle les mêmes rapports qui subsistent ou doivent subsister dans l'exécution en grand. Voici les résultats de quelques expériences, dans lesquelles un seul et même moteur a été appliqué à la frégate placée sur un canal et pourvue de l'un ou de l'autre appareil.

Première expérience, dans laquelle la frégate a navigué sur le canal, en remontant contre le vent.

» Armée de roues à aubes, la frégate a parcouru $41^{m},60$ en 7 minutes. Dans cet intervalle de temps, au bout duquel la force motrice a été complétement épuisée, les roues ont fait chacune 130 révolutions.

» Armée de pattes, la frégate a parcouru $49^{m},40$ en 7 minutes, pendant lesquelles le nombre des battements ou oscillations des pattes a été de 130. Mais ce qu'il importe de remarquer, c'est qu'alors, au bout de 7 minutes, la force motrice, loin d'être épuisée, a continué de faire marcher pendant 11 autres minutes la frégate, qui, dans ce nouvel intervalle de temps, a parcouru plus de 50 mètres.

Deuxième expérience, dans laquelle la frégate a navigué sur le canal, en descendant sous le vent.

» Armée de roues, la frégate a parcouru $52^{m},60$ en 8 minutes. Dans cet intervalle de temps, au bout duquel la force motrice a été complétement épuisée, chaque roue a exécuté 182 révolutions.

» Armée de pattes, la frégate a parcouru $70^{m},20$ en 8 minutes, le nombre des battements dans cet intervalle ayant été de 182. Mais, au bout de ces 8 minutes, la force motrice n'était pas épuisée, comme dans le premier cas, et elle a continué de faire marcher, pendant 16 autres minutes, la frégate, qui, dans ce nouvel intervalle de temps, a parcouru $59^{m},80$.

» Ces expériences démontrent évidemment que les palmes ont sur les roues un grand avantage sous le rapport de l'économie de force motrice. Si cet avantage eût été déduit par la théorie d'expériences faites seulement sur la frégate armée du nouvel appareil, on pourrait jusqu'à un certain point contester un résultat de calcul. Mais ici, pour se rendre indépendant de toute cause d'erreur, on a comparé directement l'ancien système au nouveau, et l'on a opéré successivement avec l'un et l'autre appareil, en les plaçant tous les deux dans les mêmes conditions. Il n'y a donc aucune possibilité de révoquer en doute l'avantage incontestable que donne l'expérience au nouveau système, avantage qui d'ailleurs était déjà clairement indiqué par la théorie et les principes des plus certains de la dynamique. »

MÉMOIRES LUS.

ZOOLOGIE. — *Deuxième Mémoire sur la Spongille; par* M. LAURENT.
(Extrait par l'auteur.)

(Commission précédemment nommée.)

Études de la série des phases de la vie des individus spongillaires provenant de diverses sortes de corps reproducteurs.

« L'histoire naturelle de tout corps organisé devant embrasser toutes les phases de son existence sous une forme individuelle plus ou moins distincte, nous avons dû suivre cette méthode dans nos recherches sur la spongille.

» L'ordre à adopter dans la deuxième partie de notre travail nous était donc tracé par la nature même du sujet. La marche à suivre nous force, il est vrai, de revenir ici sur l'étude des corps reproducteurs des spongilles, qu'il convenait de bien caractériser préalablement; mais en procédant ainsi, nous essayons de compléter la première partie de nos recherches, et nous l'envisageons dans ses rapports naturels avec celles qui font le sujet de ce second Mémoire.

» L'histoire naturelle des individus spongillaires comprend les trois principales phases de leur vie, qu'il convient de désigner sous les noms généralement connus : 1° d'*état originaire* ou d'œuf en général, pendant lequel la vie est latente; 2° d'*état embryonnaire;* 3° d'*état parfait.*

Première phase de la vie, ou état originaire des individus spongillaires.

« L'état originaire des spongilles, toujours facile à constater au moment de leur apparition, devient ensuite plus ou moins difficile à reconnaître dans leurs diverses sortes de corps reproducteurs.

» Voici les principales nuances ou différences qu'on peut y distinguer :

» 1°. Ce n'est que dans les corps oviformes ou œufs des spongilles que la vie latente ou l'état originaire est complétement distinct de celle de leur mère. La durée de cette vie latente varie dans les œufs de première et d'arrière-saison. C'est dans ces derniers œufs qu'elle est plus longue. Dans ce premier état la substance contenue dans les coques des corps oviformes est simplement globulino-aqueuse. Cette substance passe par des gradations saisissables à l'état de corps embryonnaire.

» 2°. Les gemmes des spongilles existent aussi à l'état de vie latente dont la durée est bien moindre que celle de la vie latente des œufs.

» A l'état de gemmes, la substance des spongilles est globulino-subglutineuse.

» 3°. Les fragments protéiformes reproducteurs des spongilles ne passent point à la rigueur par l'état originaire ou de vie latente. On ne pourrait admettre cette vie dans ces fragments que pendant le peu de temps qu'ils restent immobiles et parfaitement homogènes.

» 4°. Les spicules siliceuses n'existent point encore dans la substance des corps reproducteurs des spongilles.

Deuxième phase ou état embryonnaire des individus spongillaires.

» La vie de développement ou l'état embryonnaire des spongilles, quoique paraissant faire partie de leur vie latente, peut cependant être distinguée soit en dedans soit au dehors de leurs diverses sortes de corps reproducteurs.

» 1°. La vie embryonnaire commence dans les corps oviformes, lorsque leur substance, d'abord globulino-aqueuse, passe à la consistance et à la forme globulo-glutineuse. Elle se continue même après l'éclosion jusqu'à la première apparition de l'état parfait.

» Les spicules siliceuses ne se développent jamais normalement dans les corps embryonnaires encore contenus dans les coques. Ces spicules n'ap-

paraissent en général dans ces corps que quelques jours après leur sortie des coques.

» 2°. Le passage de la vie latente à la vie embryonnaire est plus difficile à déterminer dans les gemmes. La vie embryonnaire se manifeste à l'extérieur des gemmes des embryons ciliés, lorsque ces gemmes commencent à passer de la forme sphérique à la forme ellipsoïde.

» Dans les deux sortes de gemmes, le développement embryonnaire est caractérisé par la consistance subglobulo-glutineuse du tissu, et par l'apparition des premières spicules siliceuses.

» 3°. Les fragments protéiformes reproducteurs de spongilles se présentent comme des corps embryonnaires du moment où leur tissu homogène se vacuolise et prend l'aspect globulino-subglutineux, puis globulo-glutineux coïncidant avec l'apparition des premières spicules siliceuses.

» 4°. La consistance globulo-glutineuse et l'apparition des premières spicules siliceuses sont caractéristiques des corps embryonnaires des spongilles.

Troisième phase ou état parfait des individus spongillaires.

» La vie de perfectionnement ou l'état parfait des spongilles commence du moment où leur membrane enveloppante se sépare de la masse glutineuse sous-jacente et se prolonge en un mamelon ou tube excréteur.

» Les individus spongillaires, qui se ressemblent tous, quel que soit le corps reproducteur duquel ils sont nés, passent par les trois âges qui répondent à l'enfance ou jeunesse, à la puberté et à l'âge adulte des animaux.

» 1°. Le jeune âge des individus spongillaires est l'époque d'un accroissement qui les fait passer de la taille d'un millimètre à celle de deux ou trois centimètres.

» 2°. La puberté des spongilles est caractérisée par la turgescence de leur membrane enveloppante coïncidant avec celle de la masse glutineuse sous-jacente qui se creuse de plus en plus d'aréoles et de canaux aboutissant à des oscules encore sous-cutanés.

» 3°. L'âge adulte des individus spongillaires est celui de leur reproduction par œufs et par gemmes d'embryons libres.

» C'est alors qu'on observe la déhiscence de la membrane enveloppante sur plusieurs points, et l'apparition des oscules à la surface même de la spongille.

» Ce n'est que dans les très jeunes individus provenant des embryons ciliés qu'on voit la reproduction par fragments protéiformes, tandis que la scissiparité a lieu quelquefois dans les individus adultés qui se sont déjà reproduits par des embryons ciliés. La reproduction par des gemmes cayeux n'a lieu qu'un peu avant la mort.

» La mort des individus spongillaires, produite le plus souvent par une atrophie graduelle, les réduit à n'être plus qu'une charpente spiculaire nue ou recouverte d'un conduit glutineux brun et racorni. Ce cadavre spiculaire renferme quelquefois les coques vides des corps oviformes. »

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur la détermination simultanée de toutes les inégalités périodiques des planètes, lorsqu'on doit y comprendre des perturbations d'un ordre fort élevé par rapport aux excentricités et aux inclinaisons; par* M. **Le Verrier**.

« La détermination des inégalités périodiques et séculaires des planètes est ramenée, par la théorie de la variation des constantes arbitraires, à la recherche du développement de certaines expressions qui sont des fonctions du temps et des éléments des orbites. Ces fonctions se réduisent en séries procédant suivant les sinus et les cosinus des différents multiples des longitudes moyennes. Et lorsque les valeurs numériques des coefficients des principaux termes de ces séries ont été calculées, on parvient aisément à la connaissance des perturbations mêmes des planètes considérées.

» Pour obtenir un des coefficients en particulier, la *Mécanique céleste* suppose qu'on commence par former son expression analytique en fonction de la masse perturbatrice, des demi-grands axes, des excentricités et des inclinaisons des orbites des deux planètes considérées; en fonction des longitudes de leurs périhélies et de leurs nœuds. Ce développement algébrique, qui repose tout entier sur l'emploi de la série de Taylor, n'offre d'autre difficulté que la longueur des calculs littéraux. Mais cette difficulté est immense. Ainsi, malgré tous les soins de Burckhardt, l'expression analytique qu'il détermina pour la partie de la grande inégalité de Jupiter et de Saturne qui dépend des cinquièmes puissances des excentricités et des inclinaisons, se trouva contenir quelques inexactitudes. Ainsi M. Airy, pour

obtenir l'expression de l'inégalité à longue période que Vénus introduit dans le moyen mouvement de la Terre, a-t-il dû entreprendre un travail des plus étendus; et d'autres géomètres, en partant des mêmes données que lui, n'ont pu retrouver rigoureusement les mêmes résultats. Ces inégalités ne sont cependant que du cinquième ordre. A quels pénibles travaux ne serait-on donc pas entraîné par la méthode des développements algébriques, si l'on reconnaissait qu'il est nécessaire d'avoir égard, dans quelques théories, à des inégalités d'un ordre plus élevé?

» On pourrait, il est vrai, atteindre jusqu'au septième ordre, au moyen du travail que M. Binet a présenté en 1812 à l'Institut, et dans lequel il fit connaître l'erreur qui s'était glissée dans la partie de la grande inégalité de Jupiter qui dépend du cinquième ordre. Mais à l'étendue de ce travail, dont la publication intéresserait à un haut degré l'astronomie théorique, on juge aisément que tout espoir de pousser plus loin les approximations par cette voie doit être perdu.

» M. Poisson a proposé de réduire la détermination des coefficients du développement de la fonction perturbatrice à des intégrales doubles de la forme suivante

$$\int_0^{2\pi}\int_0^{2\pi} \mathrm{R}\cos(i\zeta - i'\zeta)\,d\zeta\,d\zeta',$$

dont la valeur doit être déterminée par les quadratures. R est une fonction périodique des variables ζ et ζ'. Cet illustre géomètre a lui-même remarqué que le calcul de l'intégrale double deviendrait très long si les nombres i et i' étaient un peu grands. On peut effectivement s'assurer dans ce cas, que non-seulement le calcul de l'intégrale par la division de la circonférence en parties égales et arbitraires serait très prolixe, mais qu'il serait même tout-à-fait impraticable. Quelque artifice pourrait peut-être diriger dans le choix des ordonnées, de manière à en restreindre le nombre; mais aucune simplification de cette espèce n'a été indiquée.

» Il est de plus indispensable de remarquer que si l'on effectuait le développement algébrique de la fonction R, tous les termes qui sont d'un ordre inférieur au cinquième, par rapport aux excentricités et aux inclinaisons, disparaîtraient par la double intégration, dans le cas où la somme algébrique des deux indices i et i' est égale à 5. L'intégration par les quadratures devant conduire aux mêmes résultats, la valeur de la double intégrale proviendrait alors de la partie numérique de R qui dépend des cinquièmes puissances des excentricités: et ainsi l'on voit que chacune

des ordonnées devrait être calculée avec une très grande exactitude. Mais alors leur détermination deviendrait très pénible; et il est important de les réduire au plus petit nombre possible.

» Aussi M. Liouville, dans son Mémoire du 29 février 1836, a-t-il fait plus que d'apporter une simplification au calcul des coefficients de la fonction perturbatrice par les quadratures. On peut dire qu'il a véritablement rendu cette méthode accessible aux déterminations numériques en substituant à l'intégrale double deux intégrales simples. Et d'ailleurs la méthode de M. Liouville, dans laquelle on tient compte aisément de tous les termes qu'on veut conserver, présente un avantage bien précieux qui ne se rencontrait ni dans le calcul par développement algébrique, ni dans le calcul par quadratures doubles. Cet avantage vient de ce que n'ayant que deux coefficients à déterminer, M. Liouville emploie cependant quatre intégrales différentes, ce qui lui fournit deux valeurs de la partie constante de la fonction perturbatrice par des calculs distincts. Ces deux valeurs doivent être identiques jusqu'à la dernière décimale de l'ordre qu'on veut conserver dans les coefficients cherchés.

» Les derniers numéros des *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences* renferment l'exposé de nouvelles méthodes, au moyen desquelles M. Cauchy se propose de calculer les coefficients du développement de la fonction perturbatrice par des transformations algébriques plus élégantes et plus simples que celles employées jusqu'à ce jour. En voyant se perfectionner la détermination analytique de ces coefficients, j'ai cherché s'il ne serait pas possible, dans une direction toute différente, de les calculer plus avantageusement qu'on ne l'a fait jusqu'ici, au moyen des valeurs numériques qu'affecte la fonction R pour les positions particulières des planètes qu'on considère. Et je crois y être parvenu assez simplement, non plus en employant ces valeurs numériques à la détermination de tel ou tel coefficient par les quadratures, mais en faisant servir un nombre limité d'entre elles à la détermination d'un pareil nombre de coefficients.

» On sait que les coefficients de la série qui représente la fonction perturbatrice vont en décroissant généralement à mesure que les indices i et i' qui multiplient les longitudes moyennes sous les signes *sin.* et *cos.* vont en augmentant. Lorsque les termes sont de degré différent, par rapport aux excentricités et aux inclinaisons, ils diminuent avec les valeurs numériques des puissances de ces éléments. Mais lorsque l'ordre est le même pour une série de termes, leur grandeur va encore en diminuant à mesure que les indices i et i' augmentent à partir d'une certaine limite,

parce qu'il est impossible, pour des planètes dont le rapport des distances moyennes au Soleil n'est pas voisin de l'unité, que la fonction perturbatrice change beaucoup de grandeur par de faibles variations dans les longitudes moyennes.

» Admettons, pour plus de clarté, qu'il soit nécessaire de déterminer les coefficients de la fonction perturbatrice jusqu'à la sixième décimale. Cette approximation sera toujours aisée à fixer. Si nous négligeons tous les termes qui sont au-dessous de 0,000 001 en valeur absolue, il ne restera qu'un nombre n fini de coefficients, qui pourront être déterminés au moyen d'un pareil nombre de valeurs numériques de la fonction perturbatrice. Les équations qu'on obtiendra pour cet objet seront du premier degré par rapport aux inconnues. Mais elles seront généralement en nombre si considérable, qu'il ne faut pas songer à les résoudre avant de les avoir décomposées en groupes partiels.

» Ces groupes contiendront en outre encore trop d'équations pour qu'on les résolve sans difficulté par le moyen ordinaire de l'élimination. Il est donc nécessaire qu'on puisse en déduire les valeurs des inconnues par une suite de calculs simples, symétriques et faciles à contrôler.

» Enfin, si l'on remarque que la grandeur absolue de chacun des coefficients n'est nullement connue *à priori*, et que le nombre des inconnues à conserver ne peut être déterminé que par le calcul complet des plus petites d'entre elles, on est conduit à reconnaître que la condition la plus importante à remplir dans la méthode que nous nous proposons d'employer, celle qui peut lui faire prendre un rang avantageux parmi les différents moyens qu'on a proposés pour le calcul des coefficients de la fonction perturbatrice, est la suivante:

« Ayant déjà exécuté les calculs nécessaires pour la détermination de n
» des coefficients, si l'on vient alors à reconnaître qu'on doit en conserver
» p autres, il faut qu'on puisse en tenir compte, sans avoir en somme exé-
» cuté plus de calculs que si l'on avait eu égard, dès l'origine du travail, aux
» $(n+p)$ coefficients. »

» La première condition, celle qui est relative à la séparation des équations en groupes particuliers, peut se remplir en employant des valeurs de la fonction perturbatrice correspondantes à des longitudes moyennes convenablement choisies. On obtiendra ces longitudes, pour l'une des planètes, par la variation du temps, et pour l'autre par la variation de la longitude de l'époque. On est ainsi ramené, soit immédiatement, soit par

quelques transformations, à la considération de groupes d'équations toujours de même forme.

» La résolution de ces équations s'effectue de la manière la plus simple et la plus symétrique. Elle se compose principalement de l'opération suivante, sans cesse répétée : « Ajouter deux nombres à un troisième multi- » plié par un facteur qui reste le même pour toute une série d'opérations. » Aucune erreur n'est possible qui ne soit reconnue à l'instant, et dont la source ne soit aisément indiquée. On le voit en remarquant que la somme de la totalité, ou d'une partie des nombres calculés par la simple formule que nous venons d'énoncer, peut être déterminée directement par une opération analogue à celle qui fait connaître chacun d'entre eux.

» A la fin de l'important Mémoire déjà cité, M. Liouville a indiqué brièvement l'emploi d'une pareille méthode. Mais son élimination suppose que le nombre des indéterminées à conserver est préalablement connu, ou que, du moins, on en peut fixer une limite supérieure. Cette restriction, qui, dans le dernier numéro du Mémoire de M. Liouville, ne nuisait en rien au but qu'il se proposait, eût été pour moi un vice radical. Je m'en suis affranchi par une élimination toute différente, et je suis parvenu à remplir rigoureusement cette condition de ne pas avoir *une seule* opération de plus à effectuer que si l'on connaissait, dès l'origine, le nombre total des inconnues à conserver.

» M. Cauchy, dans un Mémoire remarquable sur l'interpolation, envoyé à l'Académie des Sciences en 1835, et qui est inséré dans le second volume du Journal de M. Liouville, s'était déjà proposé de résoudre un système d'équations du premier degré par rapport aux inconnues, de telle sorte que les calculs effectués pour la détermination de plusieurs d'entre elles pussent servir au calcul des inconnues de rang inférieur, quand on vient à reconnaître la nécessité de pousser plus loin les approximations. La solution de M. Cauchy l'emporte sur la mienne par la généralité du système qu'il considère ; ses inconnues sont multipliées par des fonctions quelconques de la variable indépendante, et il n'est pas nécessaire d'employer des valeurs équidistantes de cette variable. En excluant cette généralité, et en suivant une marche autre que celle de M. Cauchy, je me suis procuré une solution beaucoup plus simple, sans avoir recours aux approximations successives. J'opère toujours par des différences au moins aussi courtes à former et à vérifier que celles de M. Cauchy, mais en nombre bien moins grand. Lorsque la fonction à traiter sera développée en

sinus et cosinus des différents multiples de la variable indépendante, il y aura de grands avantages à employer ma solution dans les calculs d'interpolation.

» Une méthode dont l'emploi permet de calculer avec exactitude toutes les perturbations d'une planète, jusqu'à un ordre fort élevé, ne me paraît pas inutile, même après tous les travaux dont ces perturbations ont été l'objet. Et, pour n'en citer qu'une preuve à l'appui, je considérerai la théorie de Pallas, dont l'excentricité et l'inclinaison sont très considérables.

» Dix-huit fois le moyen mouvement de Jupiter, diminué de sept fois celui de Pallas, donnent un arc qui n'est que la cent quarante-sixième partie environ du mouvement moyen annuel de Pallas. Il est donc possible, à cause de la grande excentricité de cette planète, que la perturbation du *onzième* ordre qui correspondrait au petit argument que nous venons d'indiquer soit très sensible dans le moyen mouvement de Pallas. Et, effectivement, en discutant le coefficient qui affecterait cette perturbation, on reconnaît qu'il y a de fortes raisons de penser qu'il pourrait s'élever tout aussi haut que celui de la grande inégalité de Jupiter et de Saturne.

» Je me propose de calculer cette perturbation du onzième ordre qui existe dans le moyen mouvement de Pallas, et qui doit être considérable, si des circonstances particulières, et dont on ne peut nullement juger à l'avance, ne s'y opposent. J'espère arriver à ce but en aussi peu de temps qu'il en faudrait pour calculer par les développements algébriques la grande inégalité de Jupiter et de Saturne, dont la partie la plus élevée n'est cependant que du cinquième ordre. Il ne faut pas oublier, de plus, que les mêmes calculs me donneront immédiatement toutes les autres perturbations sensibles dans cette théorie.

» Pour juger de l'intérêt qu'offrirait la détermination de cette inégalité, il suffira de considérer qu'elle pourrait seule soustraire les tables de Pallas aux inconvénients majeurs qu'offraient les anciennes tables de Jupiter et de Saturne; et que, d'un autre côté, il faudrait laisser écouler bien des années avant de pouvoir déterminer par l'observation seule le coefficient d'une inégalité dont la période embrasserait 675 années juliennes. »

PHYSIQUE. — *Mémoire sur le rayonnement chimique qui accompagne la lumière solaire et la lumière électrique; par* M. **Ed. Becquerel**. (3e Mémoire. — Extrait par l'auteur.)

(Commissaires, MM. Biot, Arago, Savary.)

« On sait que la lumière solaire est non-seulement accompagnée de rayons calorifiques, mais encore d'autres rayons jouissant de la propriété d'opérer des réactions chimiques entre les éléments de certaines substances. Des recherches faites à ce sujet ont montré que chaque substance sensible était impressionnée par des portions différentes de ce rayonnement, et qu'à l'égard des sels d'argent, les rayons chimiques qui les noircissent étaient compris dans les rayons les plus réfrangibles de la lumière solaire, c'est-à-dire dans les rayons bleus, indigos, violets, et même au-delà des rayons violets.

» En reprenant l'étude de l'action chimique de l'agent qui accompagne la lumière, sur du papier enduit de bromure d'argent, j'ai trouvé que le rayonnement chimique comprenait au moins deux ordres de rayons agissant sur cette substance :

» 1°. Les rayons du premier ordre, ou *rayons excitateurs*, sont ceux déjà observés, possédant la faculté de commencer et de continuer une réaction chimique ou une coloration, et qui, dans le spectre solaire, comme on l'a déjà dit, sont compris depuis le bleu jusqu'au-delà du violet;

» 2°. Les rayons du second ordre, ou *rayons continuateurs*, possédant seulement la faculté de continuer une réaction commencée sous l'influence des premiers. Ces rayons sont compris dans le spectre depuis le rouge jusqu'à la limite du vert et du bleu.

» Le chlorure d'argent et les plaques d'argent iodurées jouissent des mêmes propriétés que le bromure relativement aux deux ordres de rayons.

» Cette continuation de coloration, qui a lieu sur les sels d'argent sous l'influence de certains rayons, ne s'opérerait pas à l'obscurité; il faut donc distinguer cette action de celle qui se manifeste sur le chlorure d'or. Ce corps, comme l'a observé Seebeck, après avoir été exposé à la lumière, continue à se colorer à l'obscurité, comme il aurait pu le faire en restant exposé à ce rayonnement. Ainsi le fait que j'annonce est essentiellement distinct du précédent.

» J'ai reconnu que lors de l'action des écrans de verre coloré sur le

rayonnement chimique de la lumière solaire, les verres rouges et vert foncé ne laissaient passer que les rayons continuateurs, et que les verres jaunes laissaient passer les deux ordres de rayons, d'abord les rayons continuateurs en très grande abondance, puis ensuite, et avec ceux-ci, les rayons excitateurs, mais en quantité moindre. Quant aux écrans de verre bleus, violets, etc., on ne peut distinguer leur action sur les deux ordres de rayons.

» En opérant avec des écrans liquides, incolores, je n'ai trouvé aucune action qui pût faire distinguer les deux sortes de rayons; seulement lorsque ces liquides étaient de couleur rouge ou jaune, ils agissaient à peu près comme des écrans de verre de même couleur.

» Enfin, dans le Mémoire que j'ai l'honneur de soumettre au jugement de l'Académie, je prouve que la lumière émanée de l'étincelle électrique est également accompagnée d'un agent chimique qui influence les sels d'argent; et que les rayons continuateurs du rayonnement chimique solaire continuent aussi une réaction insensible commencée sous l'influence de la lumière électrique. »

PHYSIQUE APPLIQUÉE. — *Production artificielle de sons graves analogues à ceux de la voix humaine; par* M. CAGNIARD-LATOUR.

(Commissaires, MM. Magendie, Savart, Pouillet.)

« Diverses recherches que j'ai faites pour tâcher de découvrir par quel mécanisme la voix humaine a lieu, m'ont conduit à essayer d'étudier avec persévérance, comme on le ferait à l'égard d'un instrument de musique dont on voudrait savoir jouer, une espèce de larynx artificiel que je forme en appuyant d'une certaine manière ma bouche sur l'index et le médius de ma main gauche.

» Par les vibrations de ce système, lequel peut être considéré comme assez complet, en ce sens qu'il offre deux couples d'anches ou de lèvres laryngiennes, couples qui diffèrent même l'un de l'autre, à peu près comme ceux d'un larynx naturel, et une cavité intermédiaire analogue aux ventricules de Morgagni, je puis produire dans certaines circonstances une espèce de chant qui a de l'intensité quoiqu'il soit grave.

» Pour obtenir ce résultat, je fais en sorte que pendant mon insufflation dans ce larynx improvisé, les deux couples de lèvres vibrent simultanément, et que ces mouvements soient accompagnés de vibrations cellulaires ou ventriculaires, c'est-à-dire de celles qui ont lieu dans le ven-

tricule lorsque je parviens à mettre les deux faces principales de cette cavité en état de battre l'une contre l'autre périodiquement.

» J'obtiens en général plus facilement ces dernières vibrations lorsque j'ai interposé d'avance, entre la bouche et les doigts, une espèce de demi-cadre en liége d'une forme particulière ; d'ailleurs, par la présence de cette pièce intermédiaire, la cavité du ventricule a plus de développement, ce qui facilite les moyens de faire acquérir plus d'amplitude aux vibrations du système.

» Enfin, pour donner aux sons ainsi produits plus de rondeur et d'intensité, je place sous les doigts en vibration un porte-voix membraneux ou espèce de tuyau vocal.

» Le phénomène sonore qui peut se produire par l'insufflation de la bouche entre deux doigts est peut-être connu depuis longtemps; mais je ne sache pas qu'aucun physicien ait proposé d'en faire les applications que je viens d'indiquer.

» De pareilles expériences me paraissant très propres à fournir quelques nouvelles données pour expliquer comment nos organes vocaux fonctionnent lorsqu'ils produisent des sons à la fois graves et intenses, ceux enfin dont il est le plus difficile de comprendre la formation, eu égard au peu de volume qu'offre le larynx humain, je vous prie de vouloir bien nommer une Commission pour l'examen de mes résultats, ainsi que des différents appareils dont je me suis servi dans le cours de mes recherches. »

PHYSIQUE APPLIQUÉE. — *Mémoire sur les vitesses initiales des projectiles; par* M. **Didion**, capitaine d'artillerie.

(Commissaires, MM. Arago, Dupin, Poncelet, Piobert)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Note sur la divisibilité des nombres, et formule générale de divisibilité par un facteur donné; par* M. **A. Puton**.

(Commissaires, MM. Lacroix, Sturm.)

MÉTÉOROLOGIE. — *Considérations générales tendant à prouver que la lumière zodiacale, les queues des comètes et les aurores boréales ne proviennent que d'une seule cause; savoir, de corps solides isolés éclairés par le soleil, en un mot, d'astéroïdes, et non de vapeurs ou de phénomènes électriques; par* M. **Gaudin**.

(Commissaires, MM. Biot, Arago, Savary.)

M. **Pironneau** adresse la figure et la description d'un *four chauffé à la houille pour la cuisson du pain à bord des navires.*

A cette notice est joint un procès-verbal des expériences faites avec le nouveau four, à bord de la frégate *la Galathée*. Il semble résulter de ces expériences :

1°. Que la nature du combustible employé ne donne au pain ni odeur, ni saveur désagréable;

2°. Que le prix du chauffage n'est pas augmenté, et qu'il y a relativement à l'emmagasinement du combustible un grand avantage, la houille n'occupant guère que la sixième partie du volume qu'occuperait le bois auquel on la substitue;

3°. Que dans le chauffage à la houille, le four n'est pas exposé à être endommagé, comme par le chauffage au moyen du bois, car les bûches sont jetées souvent sans précaution ;

4°. Qu'enfin, dans ce dernier mode de chauffage, les portes du four restant toujours fermées, on est à l'abri des chances d'incendie auxquelles expose, dans les mouvements violents du bâtiment, la chute sur le pont de bûches embrasées.

(Commissaires, MM. Dupin, Freycinet, d'Arcet.)

M. **Tignères** présente un *fusil de chasse* muni d'une pièce qui ne permet pas au chien de s'abattre quand il est armé, même lorsqu'on presse la détente : le moyen de rendre la liberté au mouvement du chien est de presser la poignée derrière la sous-garde, comme on le fait naturellement en mettant le fusil en joue. Un dispositif analogue avait été déjà imaginé par des armuriers anglais, mais il paraît qu'il n'atteignait pas aussi bien le but.

M. **Séguier** annonce que depuis long-temps des armuriers français se sont occupés des moyens propres à empêcher un fusil de partir quand on presse involontairement la gachette.

Le fusil de M. Tignères est renvoyé à l'examen d'une Commission composée de MM. Gambey, Piobert, Séguier.

M. **Chevalier**, à l'occasion d'une Note de M. *Dunglas* sur l'emploi de l'*appareil de Marsh*, rappelle que, dans une brochure imprimée en 1839, il a indiqué les diverses précautions à prendre quand on fait usage de cet appareil, et insisté sur les caractères qui permettent de distinguer les taches antimoniales des taches arsenicales. M. Chevalier rappelle également une

Note qu'il a lue à l'Académie de Médecine sur un moyen propre à diminuer la fréquence des empoisonnements par l'arsenic, moyen qui consisterait à mélanger à l'acide arsénieux quelque corps qui le rendît coloré et sapide.

M. Signoret écrit qu'ayant voulu faire des essais avec l'*appareil de Marsh* et ayant employé des réactifs qu'il était fondé à regarder comme purs, presque tous ces réactifs ont donné à l'appareil des indices d'arsenic.

Les Notes de M. Chevalier et de M. Signoret sont renvoyées à l'examen de la Commission nommée pour les communications de M. Lassaigne et de M. Dunglas.

A l'occasion de la Note de M. Signoret, M. Pelouze rappelle que l'arsenic et l'antimoine ne sont pas les seuls métaux susceptibles de former des combinaisons avec l'hydrogène, mais que le fer et le zinc jouissent également de cette propriété, qui a été signalée par M. Vauquelin en 1798 (*Journal de la Société des Pharmaciens de Paris*, page 241).

Le plan d'une *machine* annoncée comme étant mise en jeu par un nouveau moteur, est renvoyé à l'examen d'une Commission composée de MM. Coriolis, Gambey, Séguier.

CORRESPONDANCE.

M. le Ministre de la Marine annonce que, conformément au vœu exprimé par l'Académie, il a accordé à MM. les officiers de la marine qui avaient pris part à la dernière expédition scientifique dans le Nord, l'autorisation de prolonger leur séjour à Paris, afin d'être en état de donner à la Commission chargée de l'examen des documents scientifiques recueillis dans le cours de cette expédition, les renseignements verbaux dont elle pourrait avoir besoin.

M. le Ministre de la Marine annonce également que de nouveaux documents, faisant suite à ceux qui ont été rapportés par les personnes attachées à la dernière expédition scientifique du Nord de l'Europe, ont été recueillis dans les mêmes parages par M. les officiers de la gabarre *la Recherche*, et vont être soumis au jugement de l'Académie.

(Commission nommée pour l'expédition scientifique du Nord.)

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Température du puits foré de l'abattoir de Grenelle, à 505 mètres de profondeur.*

Une expérience faite l'année dernière (1) par MM. **Arago** et **Walferdin**, dans la vue de connaître la température du puits foré de Grenelle à 481^m de profondeur, avait donné pour résultat 27°,05 centig. (et non 27°,50, comme on l'a imprimé, par erreur, dans le *Compte rendu* de l'Académie); mais il était à craindre que le travail du forage n'eût occasionné, sur le point où les thermomètres étaient parvenus, quelque accroissement de température. On pouvait croire aussi que la cuillère en fer qui contenait les instruments avait, en descendant, frotté sur les parois tubées en métal du trou de sonde, et qu'il en était résulté un développement de chaleur; il suffisait que quelque doute à ce sujet se fût emparé de l'esprit des deux physiciens pour que l'expérience dût être répétée avec toutes les précautions convenables.

Le 18 août 1840, MM. Arago et Walferdin ont donc profité du moment où un outil de forage qui a occupé le fond du trou de sonde *pendant plusieurs mois*, venait d'être retiré par les soins persévérants de M. Mulot, pour recommencer leur expérience avec six thermomètres à déversoir.

Tous ces instruments étaient garantis de la pression et, après un séjour de 7^{h}30^m dans la vase boueuse, à 505 mètres de profondeur, ils ont indiqué, avec un accord remarquable, une température moyenne de 26°,43.

Il faut se rappeler qu'on n'est plus aujourd'hui dans l'énorme banc de craie où la sonde a été engagée pendant plusieurs années, et que M. Mulot a pénétré dans les argiles du *gault* qui doivent recouvrir les couches aquifères que l'on cherche.

La dernière expérience qui vient d'être faite, à 505 mètres, par MM. Arago et Walferdin, donne, si l'on prend pour point de départ la température moyenne de la surface de la terre à Paris (10°,6), 1° centigrade d'augmentation pour 31^m,9. Si l'on part de la température constante des caves de l'Observatoire (11°,7 à 28 mètres de profondeur), on trouve 32^m,3 pour un degré centigrade.

---

(1) *Compte rendu des séances de l'Académie*, 2e sem., p. 218.

M. Fauvelle adresse une Note sur un moyen qu'il a employé avec succès pour construire, sans batardeau, une pile de pont au milieu du lit de l'Agly. Ce lit semblait tout-à-fait à sec à l'époque où ont été exécutés les travaux; mais il passait encore une quantité d'eau assez notable, un demi-mètre cube par seconde à travers les gravois et sables qui formaient sur le fond une couche de 4 mètres environ, reposant sur un banc d'argile. Des raisons d'économie ne permettant pas d'avoir recours pour se débarrasser de ces eaux au moyen habituellement employé en pareil cas, M. Fauvelle eut l'idée d'appliquer à la fondation de la pile une méthode suivie dans le Roussillon pour la construction des puits. Dans plusieurs parties de cette province, et particulièrement sur les bords de la mer et des étangs, on rencontre à un mètre ou deux au-dessous de la surface du sol, une couche de sable mouvant dans laquelle on ne peut creuser à 50 centimètres sans que les sables des côtés ne viennent remplir le vide, combler souvent le fond et n'entraînent l'éboulement des parties supérieures. On conçoit qu'il serait très difficile, dans un cas semblable, de creuser le puits comme à l'ordinaire pour le maçonner ensuite: il faudrait pour soutenir les terres et les blindes plus de bois que ne vaudrait le puits. Les maçons, dans cette circonstance, agissent d'une manière fort simple. Ils établissent sur le sol un patin en chêne de forme circulaire; sur ce patin, ils montent les murs du puits à une hauteur de quelques mètres, et les laissent sécher. Ensuite un ouvrier descend dans ce puits bâti en l'air, enlève la terre ou le sable du fond et la maçonnerie, tout en soutenant les terres et le sable des côtés, descend, s'enfonce autant qu'on le desire, et le puits est fait.

« C'est un moyen tout semblable, dit M. Fauvelle, que j'ai mis en usage, et qui m'a parfaitement réussi.

» Sur le sable de la rivière j'ai établi un cadre ou patin en chêne, taillé en biseau par le bas, formant extérieurement le périmètre de la fondation de la pile; sur ce patin, bien boulonné, j'ai fait monter un véritable puits, ou mieux, une tour dont les parois en briques avaient $0,44^c$ d'épaisseur, 22^m de développement et 4^m de hauteur. Ce puits était bardé et étresillonné intérieurement de manière à résister à la poussée des terres et aux inégalités de pression verticale qui devaient nécessairement avoir lieu dans sa descente à travers un gravier mêlé de cailloux assez gros. Sa figure était une surface annulaire régnant autour d'un rectangle terminé par deux demi-cercles.

» Cette masse creuse, une fois élevée sur le sable de la rivière, il ne s'agissait plus que de la faire descendre; les premiers pas furent les plus

difficiles. Des ouvriers piochant dans l'intérieur enlevaient le sable et le gravier, et, croyant avancer la besogne beaucoup plus vite, l'enlevaient de dessous la muraille. Cette manœuvre fit déclarer quelques fentes verticales causées par l'affaissement inégal de la masse. Aussitôt que je m'en aperçus j'ordonnai de ne plus enlever le sable que du milieu, et alors l'opération marcha avec une régularité parfaite. Jusqu'à 1^m de profondeur on enleva le sable à la pelle et à la corbeille sous 50 centimètres d'eau; mais, parvenu à cette profondeur, il fallut se servir de la drague. J'en avais fait construire trois qui nous servirent parfaitement: elles étaient à peu près semblables à l'instrument dont on se sert ici pour niveler les champs et que l'on nomme *cibères*. Chaque drague était servie par trois hommes; l'un d'eux, placé sur l'une des murailles, en dirigeait le long manche; deux autres, placés sur la muraille opposée, tiraient la drague avec des cordes, la relevaient et la vidaient.

» En quinze journées de travail, la pile fut descendue à 5^m de profondeur dans le sol argileux très compacte dont la présence avait été préalablement reconnue au moyen d'un sondage. La diminution constante des eaux dans la rivière nous dispensa d'élever nos murs au-dessus de 4^m; ainsi le haut des murailles était à 1^m au-dessous du niveau des sables. Il n'arriva pendant tout ce travail aucun accident, et les murailles conservèrent parfaitement leur aplomb. Il n'y eut plus alors qu'à remplir l'intérieur de manière à former une masse compacte; et, sans élever l'eau, j'y fis jeter du béton et des pierres; des trous faits dans la muraille avec un ciseau soudé à une longue barre de fer, relièrent cette maçonnerie aux parements en briques; deux hommes occupés sans relâche à la damer fortement, firent du tout une construction indivisible et inattaquable. »

M. **Arago**, à l'occasion de cette Note, rappelle qu'une application du procédé des constructeurs de puits roussillonnais, avait été déjà faite sur une immense échelle, dans le tunnel de Londres, par notre compatriote M. *Brunel*. C'est aussi, en effet, à la surface du sol, et sur une base en charpente, qu'ont été placées les premières assises des deux tours dans lesquelles sont établies les rampes en spirale par lesquelles on arrive de l'extrémité de l'allée souterraine jusqu'à la surface du sol. Il est inutile de faire remarquer que dans l'exécution d'un pareil travail, les grandes proportions des tours, l'inégale résistance du terrain ont fait naître mille difficultés qui n'ont pas servi moins que celles qui s'étaient présentées jusque-là pour mettre en évidence la fécondité d'esprit du célèbre ingénieur.

MÉTÉOROLOGIE. — *Comparaisons barométriques faites dans le Nord de l'Europe; par* MM. BRAVAIS *et* MARTINS.

« Nous avons comparé les baromètres des divers observatoires que nous avons visités avec deux baromètres de voyage appartenant à l'expédition du Nord; ces deux baromètres avaient été construits par Ernst à Paris : l'un d'eux a 7 millim. de diamètre interne à son tube, et l'autre en a 8. Avant le départ, ils ont été mis en rapport avec le baromètre Fortin, appartenant à M. Delcros, et avec le baromètre de l'Observatoire de Paris. On sait que ces deux derniers baromètres s'accordaient à un ou deux centièmes de millimètre près, et étaient considérés tous les deux comme donnant la hauteur absolue. Au retour, ils ont été comparés de nouveau, et avaient à peine varié de deux centièmes de millimètre. La comparaison faite à Altona, chez M. le conseiller Schumacher, est intéressante. M. Schumacher a vérifié avec soin les détails de construction de son baromètre; il s'est assuré par plus de deux cents comparaisons faites avec un baromètre à grand diamètre (18^{mm}), de l'artiste Buzengeiger, que la correction dont son baromètre avait besoin pour donner la hauteur absolue était de $+ 0^{mm},52$. Si donc l'on considère nos observations d'Altona comme destinées à mettre en rapport le baromètre de M. Schumacher avec ceux de Paris, on trouve, après la correction préalable $+ 0^{mm},52$, que ce baromètre a différé seulement de quelques millièmes de millimètres de ceux de Paris. Cet accord est utile à constater, puisque beaucoup de baromètres du Nord ont été déterminés par voie de comparaison avec celui d'Altona.

» En prenant donc pour départ le baromètre-Pistor n° 102 de M. Schumacher, ou le baromètre-Fortin de M. Delcros, nous trouvons que les corrections nécessaires pour ramener les divers instruments observés aux deux baromètres ci-dessus sont les suivantes :

Correction.	Bar.	Observatoire.......	Upsal.......	(Pistor.)......	$= + 0^{mm},49$.
Correction.	Bar.	Observatoire.......	Stockholm..	(Pistor 132.).	$= + 0^{mm},60$.
Correction.	Bar.	École polytechnique.	Copenhague.	(Buzengeiger)	$= + 0^{mm},03$.
Correction.	Bar.	Observatoire.......	Berlin......	(Pistor 99)...	$= + 0^{mm},21$.
Correction.	Bar.	Poggendorff.......	(Pistor 82)..............		$= + 0^{mm},10$.
Correction.	Bar.	Salon mathématique.	Dresde......	(Hoffmann)...	$= + 0^{mm},23$.
Correction.	Bar.	Kaemtz à Halle....	(Buzengeiger)............		$= - 0^{mm},24$.
Correction.	Bar.	Observatoire.......	Goettingue..	(Rumph).....	$= + 1^{mm},23$.
Correction.	Bar.	Observatoire......	Bruxelles....	(Crahay).....	$= + 0^{mm},145$.

» Malheureusement nous n'avons pas pu prendre pour départ le baromètre de l'Observatoire de Paris de l'année 1838, parce que son tube a été cassé avant l'époque de notre retour.

» Il faut noter que les corrections ci-dessus embrassent à la fois la correction pour la dépression capillaire (excepté pour Bruxelles), l'erreur constante qui résulte de toutes les imperfections de l'instrument, et même la correction due au déplacement du zéro du *thermomètre attaché;* ainsi en employant la valeur trouvée pour corriger les lectures, il faut réduire préalablement à zéro d'après le zéro apparent de l'échelle thermométrique, et non point d'après le zéro vrai, lequel coïncide avec le point de glace fondante, et se trouve d'ordinaire un peu plus élevé que le précédent. »

M. **Arago** a présenté, de la part de M. **Démidoff**, les tableaux des observations météorologiques faites à *Nijné-Taguilsk*, dans les mois d'octobre 1839; avril, juin et juillet 1840.

M. **Jaubert** (de Passa) écrit à M. *Arago* que le 21 mai dernier la commune de Passa a été ravagée par un orage de grêle dont la violence s'est fait sentir principalement à Monesti. Les grêlons étaient d'une grosseur extraordinaire et hérissés de pointes aiguës. M. Jaubert envoie le dessin de deux de ces grêlons par lesquels il a été frappé, et les empreintes que deux autres grêlons ont laissées sur des briques non cuites, empreintes qu'elles ont au reste conservées après la cuisson.

M. **Pelouze** communique l'extrait d'un travail de M. *Jules Reiset* sur une série de sels nouveaux analogues aux sels de Gros.

Le corps $Pt\,Cl^2\,Az^4\,H^{12}$, qu'on peut considérer comme le radical des sels de Gros, étant dissous dans l'eau et mis en contact avec une dissolution chaude de sulfate d'argent, donne lieu à un précipité de chlorure d'argent pur et à une liqueur incolore et neutre de laquelle l'évaporation sépare un nouveau sel cristallisé ayant pour composition $Pt\,Az^4\,H^{12}\,O, SO^3$.

Avec l'eau de baryte, ce dernier sel donne du sulfate de baryte et le corps $Pt\,Az^4\,H^{12}\,O$, qui a toutes les propriétés d'une base salifiable ordinaire. Il est fortement alcalin, attire l'acide carbonique de l'air et s'unit directement à tous les acides, avec lesquels il forme des sels tous solubles et cristallisables.

Les sels s'obtiennent avec facilité en traitant le radical $Pt\,Az^4\,H^{12}\,Cl^2$ par une dissolution d'un sel d'argent. Il se forme constamment du chlorure

d'argent qu'on sépare par le filtre, et les sels de M. Reiset cristallisent à l'état de pureté par suite de l'évaporation des liqueurs.

Le radical $Pt\,Cl^2\,Az^4\,H^{12}$, cristallisé dans l'eau, en retient un atome qu'il perd, sans se décomposer, lorsqu'on le chauffe légèrement.

M. de Gregory adresse une liste de ses travaux relatifs à l'agronomie, et demande à être placé sur la liste des candidats pour la place de correspondant vacante dans la section d'Économie rurale.

Cette lettre est renvoyée à la section d'Économie rurale.

M. Forrester écrit relativement à un arc-en-ciel lunaire qu'il a observé dans les environs de Tours, le 19 septembre, à 7 heures et demie du soir; les couleurs, quoique pâles, étaient très visibles.

Dans la même lettre M. Forester annonce avoir vu, par une nuit obscure et très pluvieuse, un grand nombre de lombrics, ou vers de terre ordinaires, qui brillaient d'une lumière blanche comparable à celle du fer chauffé à blanc.

M. Audouin, à l'occasion de cette lettre, déclare qu'il n'existe à sa connaissance aucune observation authentique de phosphorescence chez des lombrics, tandis qu'il pourrait citer beaucoup de cas où ces annélides ont été confondus avec des scolopendres dont quelques espèces sont bien connues pour être phosphorescentes.

M. Collins, qui avait adressé, il y a quelques mois, des *Recherches sur les glissements de terrain spontanés*, prie l'Académie de vouloir bien hâter le Rapport qui doit être fait sur ce travail.

M. Krasner adresse, à l'occasion d'une communication faite par M. *Richoux* dans la séance du 19 octobre, une réclamation qui paraît reposer sur des renseignements infidèles. En effet, c'est de la reproduction galvanoplastique d'images daguerriennes qu'il est question dans la lettre de M. Krasner, tandis que la communication de M. Richoux est relative à la reproduction de gravures en taille-douce.

M. Blondeau de Carolles écrit relativement aux avantages qu'on trouverait à remplacer dans les télégraphes de nuit l'éclairage à l'huile par l'éclairage au gaz. Les expériences qu'il a faites à ce sujet l'ont conduit à

conclure qu'avec ce système d'éclairage il ne serait pas besoin de rapprocher les télégraphes de nuit plus que ne le sont ceux de jour.

M. Cubet adresse une Note sur des rames articulées et à valves qu'il croit avoir une certaine analogie avec l'appareil qui, dans le système de M. *A. de Jouffroy*, sert à donner l'impulsion aux bateaux à vapeur.

M. Jobard adresse un paquet cacheté portant pour suscription : *Reproduction des images héliographiques par les procédés photographiques.*

L'Académie en accepte le dépôt.

La séance est levée à 5 heures. A.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

L'Académie a reçu dans cette séance les ouvrages dont voici les titres:

Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des Sciences, 1er semestre 1840, 1 vol. in-4°.

Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie royale des Sciences; 2e semestre 1840, n° 17, in-4°.

Société anatomique; 15e année, Bulletin n° 6, août 1840, in-8°.

Recueil de Brochures; par M. R. Fournel; 1828—1838, in-8°.

Mémoire présenté par les fabricants et marchands d'ouvrages d'or et d'argent de Paris; rédigé par M. H. Fournel; 1838, in-4°.

Rapports, Notices, etc., etc.; par le même; 1829—1838, in-4°.

Notices sur diverses questions de Chimie agricole et industrielle, suivies de plusieurs Notices nécrologiques; par M. J. Girardin; Rouen, 1840, in-8°.

Considérations médico-légales sur plusieurs cas d'Infanticide et sur la fréquence de ce crime; par M. Bayard; in-8°.

De la Vapeur; par M. L. Lalanne. (Extrait de l'*Encyclopédie nouvelle*.) In-8°.

Note sur l'architecture des Abeilles; par le même. (Extrait des *Annales des Sciences naturelles*, tome 13.) In-8°.

De la Pêche sur les côtes occidentales d'Afrique, et des Établissements les plus utiles au progrès de cette industrie; par M. Sabin Berthelot; 1840, in-8°.

Extrait des *Annales d'Hygiène publique. — Rapport sur la nécessité de colorer les Substances toxiques, dans le but de prévenir les empoisonnements; par* MM. Lecanu et Chevalier; broch. in-8°.

Recherches sur l'Hydrogène arsénié et observations sur l'Appareil de Marsh et son emploi; par M. Chevalier; Paris, 1839, in-8°.

Nouveaux Moulins à vent employés avec tous les autres moteurs plus dispendieux servant à comprimer l'air, etc., etc.; par MM. de Précorbin et Legris; in-8°.

Annales de l'Agriculture française; nov. 1840, in-8°.

Revue des Spécialités et des Innovations chirurgicales; oct. 1840, in-8°.

L'Ami des Sourds-Muets, journal; tome 2, août 1840, in-8°.

Revue scientifique et industrielle; oct. 1840, in-8°.

Lettres sur le Magnétisme et le Somnambulisme; par M. le Dr Frappart; in-8°.

Journal de Chimie médicale; nov. 1840, in-8°.

Journal des Connaissances nécessaires et indispensables, sous la direction de M. Chevalier; nov. 1840, in-8°.

Revue zoologique; oct. 1840, in-8°.

Statistique de la ville de Gènes; par M. Cevasco; Gènes, 2 vol. in-8°, avec 2 cartes (atlas).

Erdkunde.... *Géologie, essai sur l'origine de la Terre et sur ses changements successifs jusqu'à l'époque actuelle; par* M. Petzholdt; Leipzick, 1840, in-8°.

Arsberättelse.... *Rapport sur les progrès en Physique et en Chimie, présenté à l'Académie royale des Sciences de Stockholm le* 31 *mars* 1838, *par* M. Berzélius, secrétaire perpétuel; Stockholm, 1838, in-8°.

Arsberättelse.... *Rapport sur les progrès de la Technologie, présenté à l'Académie royale des Sciences de Stockholm le* 31 *mars* 1838, *par* M. Pasch; Stockholm, 1839, in-8°.

Arsberättelse.... *Rapport sur les progrès et les découvertes relatives à la Botanique, pendant l'année* 1837, *présenté à l'Académie royale des Sciences de Stockholm le* 31 *mars* 1838, *par* M. Wikstrom; Stockholm, 1839, in-8°.

Kongl.... *Mémoires de l'Académie royale des Sciences de Suède, pour l'année* 1837; Stockholm, 1838, in-8°.

Tal om... *Rapport sur l'Hôpital de l'ordre des Séraphins à Stockholm, fait à l'Académie royale des Sciences de Stockholm le* 7 *avril* 1838, *par* M. Ekstromer; Stockholm, 1840, in-8°.

Tal om.... *Rapport sur la Statistique judiciaire, fait à l'Académie royale des Sciences de Stockholm le* 8 *avril* 1840, *par* M. Rosenblad; Stockholm, 1840, in-8°.

Gazette médicale de Paris; n° 44, in-4°.

Gazette des Hôpitaux; nos 127—129, in-fol.

L'Expérience, journal; n° 174.

La France industrielle; 7e année, 29 oct. 1840, in-fol.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES. — OCTOBRE 1840.

Jours du mois.	9 heures du matin. Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygrom.	Midi. Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygrom.	3 heures du soir. Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygrom.	9 heures du soir. Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygrom.	Thermomètre. Maxim.	Minim.	État du ciel à midi.	Vents à midi.
1	760,31	+11,1		760,05	+15,0		759,66	+15,3		760,54	+13,3		+16,0	+ 6,2	Cuvert	O. S. O.
2	761,28	+13,0		760,77	+15,3		760,43	+14,8		761,26	+13,0		+15,8	+11,7	Cavert	N. O.
3	758,93	+11,8		758,21	+13,2		757,01	+12,6		756,00	+ 9,0		+13,6	+10,2	Nugeux	N. E.
4	755,33	+ 8,6		755,44	+11,5		755,31	+13,1		756,65	+ 9,3		+13,5	+ 5,0	Couvert	N.
5	757,64	+ 8,8		757,63	+12,4		757,20	+13,0		758,54	+ 9,8		+14,8	+ 4,4	Éclircies	N. N. O.
6	759,52	+ 8,9		759,59	+12,4		759,17	+13,0		760,40	+ 8,0		+14,0	+ 7,1	Cowert	O. N. O.
7	759,82	+ 6,9		758,35	+12,2		758,86	+13,6		760,37	+ 8,7		+14,0	+ 1,7	Beau	O. N. O.
8	762,48	+ 8,6		762,48	+12,1		762,11	+12,4		762,64	+ 7,8		+13,1	+ 6,0	Beau	N. E.
9	763,64	+ 8,9		763,41	+12,5		762,70	+13,1		763,23	+ 8,3		+13,5	+ 3,2	Beau	E.
10	761,89	+ 9,0		762,32	+14,0		761,60	+15,4		762,01	+10,7		+15,7	+ 6,0	Serein	E.
11	763,43	+ 9,7		763,25	+13,0		762,92	+15,1		765,14	+ 9,6		+15,3	+ 5,6	Nuages et vapeurs	E. N. E.
12	768,92	+ 9,2		768,50	+13,2		768,36	+13,8		769,75	+ 9,0		+14,4	+ 6,0	Beau	E. N. E.
13	770,25	+ 8,9		769,32	+12,8		768,26	+14,5		768,67	+10,1		+14,8	+ 5,0	Beau	E.
14	766,95	+ 7,5		765,71	+12,8		764,32	+15,0		763,75	+ 7,6		+15,3	+ 2,1	Beau	E.
15	762,65	+ 6,7		751,90	+12,5		760,37	+14,3		759,48	+ 7,7		+14,6	+ 3,0	Quelques nuages	N. E.
16	756,62	+ 9,4		755,18	+12,5		753,82	+12,8		753,12	+10,3		+13,4	+ 6,0	Quelques éclaircies	O.
17	751,90	+11,4		751,76	+12,2		752,58	+12,8		754,82	+11,0		+13,0	+ 9,8	Pluie fine	O. N. O.
18	758,68	+ 8,6		758,95	+12,2		757,85	+12,9		757,43	+11,2		+13,2	+ 6,0	Couvert	O.
19	751,58	+12,1		749,80	+16,1		750,10	+14,8		751,86	+11,2		+16,8	+10,0	Très nuageux	O. fort.
20	756,29	+10,2		757,05	+11,7		757,81	+11,2		759,27	+ 9,4		+11,8	+ 9,0	Très nuageux	N. fort.
21	759,36	+ 8,6		758,96	+10,8		758,53	+11,0		759,57	+ 7,0		+11,3	+ 6,2	Couvert	O. N. O.
22	756,50	+ 7,8		755,56	+ 8,8		753,62	+ 9,8		752,21	+ 8,4		+ 9,9	+ 5,3	Pluie	O. S. O.
23	755,27	+ 8,4		755,63	+11,2		755,51	+11,2		754,06	+ 8,6		+11,9	+ 7,0	Couvert	O. N. O.
24	744,81	+ 9,0		745,70	+10,6		746,48	+10,6		748,27	+ 6,5		+11,2	+ 8,0	Quelques éclaircies	N. O.
25	749,36	+ 5,8		750,35	+ 7,9		751,80	+ 9,1		754,42	+ 6,1		+ 9,2	+ 4,0	Quelques éclaircies	O. N. O.
26	755,60	+ 6,8		755,22	+ 8,6		754,76	+ 7,8		753,82	+ 7,1		+ 9,6	+ 2,0	Quelques éclaircies	O.
27	745,00	+ 7,6		741,10	+ 8,5		739,23	+ 7,4		740,26	+ 6,8		+ 9,3	+ 6,1	Pluie continuelle	S. S. O. viol.
28	740,10	+ 6,9		740,56	+ 9,2		740,73	+ 9,6		742,02	+ 5,9		+10,3	+ 4,9	Pluie	S.
29	739,96	+ 8,7		740,23	+10,4		740,63	+10,8		743,77	+ 7,2		+10,6	+ 5,3	Couvert	S.
30	746,75	+ 5,8		747,19	+10,7		746,55	+12,4		746,91	+ 7,5		+12,4	+ 3,0	Beau	E. S. E.
31	746,69	+ 6,8		746,98	+11,0		747,56	+13,1		749,42	+ 7,1		+13,3	+ 5,2	Brouillard	S.
1	760,18	+ 9,6		760,82	+13,1		759,40	+13,6		760,16	+ 9,8		+14,4	+ 6,1	Moy. du 1er au 10	Pluie en centim.
2	760,73	+ 9,4		760,14	+12,9		759,64	+13,7		760,33	+ 9,7		+14,3	+ 6,2	Moy. du 11 au 20	Cour. 6,131
3	749,04	+ 7,5		748,86	+ 9,8		748,66	+10,2		749,52	+ 7,1		+10,8	+ 5,2	Moy. du 21 au 31	Terr. 5,133
	756,40	+ 8,8		756,36	+11,8		756,67	+12,5		756,44	+ 8,[illegible]		+1[illegible]	+ 5,8	Moyennes du mois	+ 9,5

COMPTE RENDU

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 9 NOVEMBRE 1840.

PRÉSIDENCE DE M. PONCELET.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE

MÉTÉOROLOGIE. — *Note sur la hauteur, la vitesse et la direction des nuages; par* M. POUILLET.

« On a employé des méthodes très différentes pour déterminer la hauteur des nuages.

» Jacques Bernoulli (*Acta eruditorum*, 1688) avait proposé d'observer à la fois, après le coucher du soleil, l'azimut d'un nuage, sa hauteur et l'instant précis où il cesse de recevoir les rayons solaires directs qui lui donnent un éclat particulier; avec ces données on n'a plus qu'à résoudre des triangles où le côté connu est l'arc terrestre compris entre le lieu de l'observation et le point de tangence des derniers rayons éclairants. Ce procédé n'est susceptible de quelque précision que dans des cas assez rares; cependant il a le grand avantage de pouvoir être mis en pratique sur la mer, et les officiers de *la Vénus* en ont fait dernièrement de très heureuses applications.

» Lambert (Académie de Berlin, 1773) avait indiqué et soumis lui-même à quelques expériences deux moyens différents : l'un, exclusivement

propre aux nuages orageux, et qui consiste à noter le point d'où l'éclair s'échappe, à en prendre la hauteur angulaire, et à compter le temps qui s'écoule entre l'apparition de la lumière et la perception du bruit; l'autre, plus général, qui consiste à déterminer d'abord la vitesse réelle d'un nuage, comme Brice (*Trans. philos.* 1766) l'avait fait quelques années auparavant, par l'espace que son ombre parcourt sur la terre dans un temps donné, et ensuite à observer sa vitesse angulaire et sa hauteur au-dessus de l'horizon.

» Le premier de ces procédés ne me semble pas pouvoir donner autre chose que la plus courte distance qui existe entre l'observateur et le sillon de l'éclair, et l'on courrait peut-être risque de se tromper beaucoup si l'on en voulait tirer quelque conjecture sur la hauteur, ou même sur le maximum ou sur le minimum de distance des nuages orageux.

» Supposons, en effet, qu'il soit possible de reconnaître le point du nuage d'où semble partir l'éclair et d'en prendre la hauteur au-dessus de l'horizon, on aura une première chance d'erreur, en ce que l'effet de la perspective fera voir l'éclair sortant d'un point, tandis qu'en réalité il sort d'un autre peut être fort éloigné; mais c'est là le moindre inconvénient: car ce point dont on prend la hauteur angulaire et auquel on attribue le premier bruit perçu, est très probablement à une distance fort grande de celui qui envoie réellement ce bruit à l'observateur. Ainsi, les données qui servent à faire le calcul de la hauteur ont en général beaucoup trop d'incertitude pour que l'on puisse compter sur une approximation suffisante. Si, laissant de côté la hauteur, on veut seulement chercher des limites de distance, on n'y réussira guère mieux: admettons, par exemple qu'il s'écoule une seconde entre l'éclair et le premier bruit du tonnerre, c'est une preuve irrécusable qu'il y a 340 mètres ou à peu près entre l'observateur et le point du sillon de l'éclair qui se trouve le plus près de lui; mais il n'en faudrait pas conclure que l'un ou l'autre des nuages orageux se trouve lui-même à une distance de 340 mètres; car il serait à la rigueur possible que, par l'effet de l'humidité plus grande qui règne en général dans les couches inférieures de l'air, ou par d'autres causes, l'éclair, au lieu de suivre une ligne presque droite, eût éprouvé vers la terre une inflexion considérable. La conséquence ne pourrait approcher de la vérité qu'en supposant que l'observateur et les deux extrémités de l'éclair fussent à peu près sur la même ligne. Ainsi, de ce qu'il arrive, quand la foudre ne tombe pas, qu'il y ait par exemple entre l'éclair et le tonnerre au moins une demi-seconde, et au plus vingt secondes si l'orage est au zénith, on ne pourrait pas

conclure avec certitude que les nuages orageux descendent quelquefois à 170 mètres et qu'ils ne s'élèvent jamais au-dessus de 6 800 mètres.

» Quant au deuxième procédé, dû au génie si inventif de Lambert, il peut donner d'excellents résultats; il est seulement à regretter que son usage soit restreint à certaines heures du jour, et surtout à un état particulier du ciel qui en limite beaucoup les avantages. On pourrait, dans les temps favorables, l'employer en mer, lorsque plusieurs bâtiments naviguant de *conserve* se trouvent à des distances dont l'appréciation ne laisse pas trop d'incertitude.

» Les officiers de *la Vénus* ne se sont pas bornés à la méthode de Bernoulli, ils en ont aussi employé une autre, que M. Arago a consignée dans son Rapport (1), et qui consiste à observer, du haut d'un mât, un nuage qui passe dans le vertical du soleil, et à prendre la hauteur du soleil, l'angle que fait le nuage avec son ombre et la hauteur du nuage, ou, ce qui revient au même, la dépression de l'ombre au-dessous de l'horizon réel ou de l'horizon rationnel. Dans ce cas, la hauteur du mât est la base des triangles qu'il faut résoudre et dont on a les éléments. Cette méthode pourrait être employée sur le sol comme à la mer, peut-être même avec plus d'exactitude; mais alors elle serait analogue à la précédente; et comme d'ailleurs elle exige les mêmes conditions atmosphériques, je suis porté à croire que celle de Lambert mériterait la préférence.

» A côté de ces méthodes géométriques, il y en a encore d'autres dont on peut donner une idée, en disant qu'elles se réduisent à établir un parallélisme ou une sorte de nivellement entre les nuages et d'autres objets dont on connaît la hauteur. Ainsi, lorsqu'on s'élève en ballon, les mesures barométriques donnant la hauteur verticale de la nacelle, on a en même temps la hauteur de tous les nuages que l'on traverse et celle des nuages éloignés qui paraissent à peu près sur le même niveau. De même, dans les pays de montagnes, un observateur prend la hauteur des nuages qui passent à sa portée en les projetant horizontalement sur quelques-uns des pics ou des sommets dont les altitudes lui sont connues.

» Les résultats qui ont été obtenus par ces diverses méthodes ont incontestablement de l'intérêt pour la science; cependant on ne peut pas se dissimuler que la conséquence la plus remarquable à laquelle ils conduisent, au lieu d'offrir des points de vue nouveaux, semble se réduire,

---

(1) *Comptes rendus*, tome XI, page 323, 21 août 1840.

en définitive, à confirmer par l'expérience ce qui était indiqué par le raisonnement et par les plus simples aperçus de la météorologie. En effet, en rapprochant ces deux observations: la première, qu'il n'y a aucune différence essentielle de constitution entre les nuages ordinaires et les brouillards que l'on voit en contact avec le sol, au fond des vallées, sur les plaines ou sur les pentes des collines; la seconde, que les plus hautes cimes des plus hautes montagnes se trouvent souvent dominées par des nuages qui s'élèvent encore beaucoup plus haut, on avait été porté à conclure que les nuages peuvent, au moins passagèrement, occuper toutes les hauteurs possibles, depuis les couches les plus basses de l'air jusqu'aux couches très froides et très raréfiées qui se trouvent à 8 ou 10 mille mètres au-dessus de la mer. Cette conclusion, quoique fort naturelle, avait besoin de preuves positives, et ces preuves laissent maintenant peu de chose à desirer, grâce à l'usage qui a été fait des méthodes précédentes. Ainsi, MM. Gay-Lussac et Biot, dans leur ascension aérostatique, ont traversé les nuages à 1200 mètres (1); peu de jours après M. Gay-Lussac, dans sa seconde ascension, les a vus à une très grande distance au-dessus de lui, lorsqu'il était lui-même à plus de 7000 mètres de hauteur (2); M. de Humboldt, du haut du pic de Ténériffe, en découvrait une vaste plage, qui lui parut être à 1600 mètres; Lambert les avait trouvés, à Berlin, à 2500 mètres; Schucburg, dans les Alpes, à 900 mètres; Legentil, à Pondichéry, à 3000 mètres (3); les officiers de *la Vénus* qui observaient en pleine mer ont vu les nuages les moins élevés à 900 mètres, et les plus élevés à 1403 mètres (4); enfin, les observations nombreuses faites dans les Pyrénées, au moyen du nivellement des pics, par MM. Peytier et Hossard, ont prouvé que les nuages qui planent au milieu de ces montagnes peuvent prendre à peu près tous les degrés de hauteur compris entre 450 mètres et 2500 mètres (5).

» Il est donc bien constaté aujourd'hui, comme je l'indiquais tout-à-l'heure, que l'élévation des nuages est très variable et qu'elle peut s'étendre depuis la surface de la mer jusqu'à 8 ou 10 mille mètres de hauteur. Mais là se borne à peu près tout ce que nous savons de plus positif à cet égard;

---

(1) *Journal de Physique*, tome XLIX, page 314.
(2) *Journal de Physique*, tome XLIX, page 458.
(3) *Bibliothèque britannique*, tome XXI, page 212.
(4) *Comptes rendus*, tome XI, page 325.
(5) *Comptes rendus*, tome IV, page 25.

les grandes questions restent indécises ou plutôt elles sont à peine effleurées.

» Quelle est, pour chaque latitude et pour chaque saison, la plus grande hauteur à laquelle les nuages puissent se soutenir? Quelles sont les régions atmosphériques où ils restent le plus habituellement suspendus? Quels rapports existent entre les hauteurs qu'ils occupent et leurs propriétés, leurs constitutions, leurs épaisseurs, l'état de l'eau qui les compose et la masse qu'ils en peuvent contenir sous un volume donné? Quelle est la direction des courants qui les emportent? quelle en est la vitesse? quelle en est la durée? quelles en sont les limites?

» Toutes ces questions sont fondamentales, et cependant, si je ne me trompe, nos moyens actuels d'observation sont tout-à-fait insuffisants pour les résoudre. On pourra sans doute, par leur application répétée, accumuler une foule de résultats utiles; mais il me semble peu probable que ces résultats, quelque multipliés qu'ils soient, nous fassent jamais sortir du cercle où nous sommes maintenant renfermés; il me semble peu probable qu'en se bornant à mesurer la hauteur des nuages par des méthodes qui exigent la présence du soleil, et qui exigent de plus le concours de diverses circonstances très fortuites et très fugitives, on parvienne jamais à pénétrer un peu profondément dans les questions si générales et si complexes qui forment la base de la météorologie de l'atmosphère.

» Cette opinion, que j'avais depuis long-temps, a été confirmée de nouveau par le travail auquel j'ai dû me livrer pour la 3^{me} édition de mon *Traité de physique*. Le sujet m'a d'ailleurs paru si important, que, malgré les très grandes difficultés qu'il présente, je n'ai pas hésité à chercher quels éléments nouveaux on pourrait y introduire. Après quelques essais, j'ai désespéré, je l'avoue, de pouvoir apporter aux méthodes connues quelques perfectionnements essentiels, à moins de renoncer à la condition qui en fait le principal avantage, c'est-à-dire à moins de renoncer à la condition de n'employer qu'un seul observateur. D'autres seront peut-être plus heureux, mais, quant à présent, je ne vois aucun moyen d'échapper à la méthode des observations simultanées qui exigent le concours de deux observateurs. Admettons donc ce principe, et examinons si les difficultés d'un autre genre qu'il va faire naître sont de telle nature qu'il n'y ait aucun moyen de les surmonter. Si deux observateurs, placés aux deux extrémités d'une base de longueur connue, pouvaient viser au même instant sur le même point d'un nuage pour déterminer sa hauteur au-dessus de l'horizon et son angle azimutal, c'est-à-dire l'angle que son plan vertical fait

avec la base elle-même, rien ne serait plus facile que d'en déduire la distance horizontale du nuage, sa distance réelle à chacun des observateurs et sa hauteur verticale au-dessus de la surface de la terre. La distance du nuage une fois connue, la vitesse du vent qui l'emporte se déduirait de l'angle parcouru dans un temps donné; quant à la direction précise du courant, elle se déduirait aussi de deux observations successives faites sur le même point. Ainsi, l'on obtiendrait sans peine, et comme d'un seul coup, la hauteur du nuage, la vitesse et la direction du vent, trois éléments qui me paraissent être les plus essentiels pour arriver à la solution des problèmes que j'indiquais tout-à-l'heure.

» Ce procédé est trop simple pour ne s'être pas présenté à l'esprit de tous les météorologistes, mais en même temps il offre dès l'abord une difficulté si frappante, qu'elle a bien pu être prise pour un obstacle insurmontable. Comment les deux observateurs pourraient-ils s'entendre pour viser au même point? A quels moyens télégraphiques pourraient-ils avoir recours pour que l'un d'eux pût faire comprendre à l'autre le point qu'il convient de choisir entre tous sur un ciel couvert de nuages, afin de l'observer à un instant donné? Il y a là assurément une condition si difficile à remplir, qu'elle semble toucher à l'impossibilité.

» Cependant je vais rapporter deux faits que j'ai observés avec soin, que d'autres observateurs ont pu constater comme moi, et qui permettent d'éluder ou plutôt de résoudre la difficulté dont il s'agit.

» *Premièrement.* Il est en général facile de saisir dans la masse d'un nuage, et particulièrement sur ses bords, des points distincts, dont la forme et l'aspect restent parfaitement reconnaissables après un intervalle de temps de une à deux minutes, et souvent même après un intervalle de temps beaucoup plus long.

» *Secondement.* Lorsque, par la pensée, on a marqué l'un de ces points sur un nuage, s'il a été bien choisi, on peut se déplacer rapidement de 1000 mètres, ou même de 2000 mètres et plus, sans que ce point éprouve des changements d'apparence qui empêchent de le reconnaître avec une complète certitude.

» Ce deuxième fait, auquel je n'avais pas d'abord donné toute l'attention qu'il mérite, m'a surtout vivement frappé, au commencement du mois dernier, lorsque j'ai eu occasion de voyager avec une grande vitesse sur le chemin de fer d'Orléans : les plaines que l'on traverse entre Paris et Corbeil étant très découvertes, on aperçoit une grande étendue du ciel, et, soit qu'on regarde près du zénith ou à l'horizon, il est facile de reconnaître les

mêmes points sur les contours des nuages pendant que l'on parcourt 3 ou 4000 mètres, ce qui n'exige ordinairement que trois ou quatre minutes. Toutes les personnes auxquelles il est arrivé de regarder le ciel au-dessus d'un vaste horizon, pendant qu'elles étaient si rapidement entraînées par la puissance des locomotives, n'ont pas manqué sans doute de faire la même remarque.

» Voici maintenant comment ces deux circonstances peuvent être mises à profit pour appliquer aux nuages le système des observations simultanées.

» Dans un lieu convenable on choisit une base ayant, par exemple, 1000 mètres de longueur; à chacune de ses extrémités on établit un théodolite dont la lunette verticale se trouve munie de pinnules bien réglées sur l'axe; la lunette elle-même ne peut pas servir sur les nuages, parce qu'elle n'a pas assez de champ et parce que des différences de formes ou de nuances très sensibles à l'œil nu s'effacent dans la lunette; près de chaque théodolite est un chronomètre, et, pour en faciliter l'usage, les deux instruments sont mis d'accord pour l'heure, la minute et la seconde. Avant chacune des expériences, les deux observateurs vont se réunir vers le milieu de la base, afin d'étudier le ciel, de faire le choix du nuage qu'ils veulent observer et de fixer sur ce nuage le point qui doit servir de point de mire; ils s'aident pour cela d'une règle mobile, portant à un bout des fils croisés et à l'autre une plaque percée d'une petite ouverture. Aussitôt qu'ils ont choisi le point de mire, et qu'ils sont convenus de la minute et de la seconde qu'ils doivent prendre pour l'instant de l'observation, chacun d'eux se transporte rapidement à son théodolite, en voiture ou autrement, sans perdre de vue le point du nuage dont il s'agit et en suivant de l'œil les changements qu'il peut éprouver. Dès qu'ils sont arrivés ils commencent l'observation et ils n'arrêtent la lunette qu'à l'instant convenu. Alors ils n'ont plus qu'à relever sur le registre le moment de l'observation, la forme du nuage, le point observé, sa distance au zénith, et son angle azimutal.

» De ces données on déduit, par les formules suivantes, tous les éléments qu'il s'agit d'obtenir.

» Soit b la longueur de la base supposée horizontale, les deux rayons visuels forment avec elle un angle dont le sommet est au point du nuage que l'on observe; désignons par h la hauteur de ce point au-dessus du plan horizontal de la base, par d et d' sa distance aux deux extrémités de b qui forment la première et la seconde station, par p et p' les projections horizontales de d et d', par n l'angle que ces lignes forment entre

elles, par m et z les angles observés à la première station (savoir, l'angle de p avec b qui se lit sur le cercle horizontal du théodolite et la distance zénithale qui se lit sur le cercle vertical), par m' et z' les angles analogues pour la seconde station.

» Il est facile de voir que l'on aura ces relations :

$$n = 180 - (m + m'),$$
$$p = \frac{b \cdot \sin m'}{\sin n}, \quad d = \frac{p}{\sin z}, \quad h = d \cos z,$$
$$p' = \frac{b \cdot \sin m}{\sin n}, \quad d' = \frac{p'}{\sin z'}, \quad h = d' \cos z',$$

qui donnent les distances horizontales du nuage à chaque station, ses distances réelles et sa hauteur au-dessus du plan horizontal de la base, les deux valeurs de h devant être identiques et se vérifiant ainsi l'une par l'autre.

» Lorsque les observations sont faites à une petite hauteur au-dessus de l'horizon, la perpendiculaire abaissée du nuage sur le plan horizontal de la base ne coïncide plus avec la verticale, et la véritable hauteur h' du nuage au-dessus de la surface terrestre qui passe par la base est alors donnée par la formule

$$h' = \frac{h + 2r \sin^2 \frac{c}{2}}{\cos c},$$

r étant le rayon terrestre de la station, et c l'arc terrestre compris entre cette station et le point dont le nuage forme le zénith.

» Bien que cette méthode ne présente aucune difficulté qui tienne à la science, il m'a semblé nécessaire d'en faire moi-même l'application, afin de mieux apprécier le degré d'exactitude que l'on peut en attendre.

» J'ai choisi pour cela une base de 600 mètres sur la route de la Garre; le local et surtout les voitures de louage que j'avais à ma disposition ne me permettaient pas d'opérer sur une plus grande longueur. Les six observations que j'ai faites, le 30 octobre dernier, sur deux couches de nuages portés par des vents différents, m'ont donné 7500 mètres pour la hauteur verticale des nuages inférieurs, et 12000 mètres pour celle des nuages supérieurs.

» Sans regarder ces déterminations comme parfaitement rigoureuses, j'ai lieu de croire qu'elles ne s'écartent pas beaucoup de la vérité; car les trois

observations qui se rapportent à trois nuages différents de la couche inférieure m'ont donné 7221 mètres pour la plus petite hauteur et 7704 mètres pour la plus grande; et les trois observations qui se rapportent de même à trois nuages différents de la couche supérieure m'ont donné 11300 et 12315 mètres pour les hauteurs extrêmes.

» Ce simple essai me donne la confiance qu'en opérant avec des moyens convenables on pourra aisément, par cette méthode, obtenir la hauteur des nuages avec une approximation de un centième, ce qui paraîtra sans doute bien suffisant pour ce genre de recherches.

» Il est bon de remarquer que ce n'est pas toujours au premier moment et d'un premier coup d'œil que l'on peut choisir, soit dans un nuage qui occupe une grande étendue du ciel, soit même dans un petit nuage isolé, quelque portion très apparente qui conserve son aspect: il y a à cet égard une certaine étude à faire qui ne présente toutefois aucune difficulté aux personnes qui ont quelque habitude des observations. Lorsqu'un nuage semble presque immobile, on voit quelques points de ses bords qui se déchirent, d'autres qui semblent s'arrondir, d'autres enfin qui se maintiennent avec assez de permanence; il est évident qu'il y a des forces extérieures ou des forces intérieures qui tendent incessamment à lui faire prendre une forme nouvelle, tantôt plus dispersée, tantôt plus condensée; mais il est bien rare que les mouvements qui en résultent se fassent également sentir partout; avec un peu d'attention, on peut presque toujours distinguer les portions des bords qui doivent prendre plus de relief sans se déformer, et celles qui doivent disparaître ou prendre un aspect tout différent. Lorsqu'un nuage est emporté par un vent plus ou moins rapide, sa déformation est en général aussi beaucoup plus prompte; mais on parvient encore, même dans ce cas, à discerner avec assez de certitude les accidents de forme dont la durée est le moins passagère. Par conséquent, si l'on excepte les temps de brume, où le ciel est couvert d'une vapeur continue offrant partout une teinte uniforme, il sera toujours possible de faire d'assez bonnes observations et de les étendre jusqu'à des distances considérables.

» Il est facile de s'assurer par le calcul que des nuages dont l'élévation est seulement de 10000 mètres au-dessus de la surface de la terre sont visibles à 50 ou 60 lieues de distance, et même qu'ils conservent encore une hauteur de plusieurs degrés au-dessus de l'horizon; mais alors ils paraissent comme immobiles, malgré la vitesse de quinze ou vingt lieues à l'heure dont ils peuvent être animés, et les changements de forme qu'ils

éprouvent se succèdent aussi avec une grande lenteur : on comprend qu'en les observant de si loin toutes les petites inégalités disparaissent, puisqu'il faut que des portions saillantes aient jusqu'à 300 mètres de grandeur réelle pour qu'elles puissent soutendre un angle visuel de cinq minutes. Ainsi, la vitesse apparente des mouvements et celle des changements d'aspect étant en raison inverse de la distance, on n'a pas moins de facilité pour observer les nuages qui touchent à l'horizon que ceux qui passent au zénith; seulement il faut que la grandeur de la base soit elle-même proportionnée à la distance.

» D'après cela, si l'on pouvait faire des observations sur une base variable, qu'il fût permis d'étendre à trois ou quatre lieues pour les nuages qui touchent à l'horizon, et de restreindre à une demi-lieue pour les nuages dont la distance zénithale atteint seulement 30 ou 40 degrés, on aurait l'avantage d'explorer en même temps une portion de la voûte atmosphérique correspondant à une circonférence de plus de 60 lieues de rayon. Cette nouvelle manière d'étudier sur un si vaste horizon la hauteur des nuages, leurs apparences diverses, leurs couches superposées, leurs directions précises, et leurs vitesses absolues, donnerait sans doute en peu d'années beaucoup de résultats nouveaux et peut-être les éléments indispensables qui nous manquent pour établir les lois les plus générales de ces phénomènes.

» Les deux grandes difficultés qui se présentent dans ces recherches sont relatives, l'une au choix des lieux d'observation, l'autre au mode de transport des observateurs. Il est essentiel d'opérer dans un espace où la vue puisse s'étendre au loin et sans obstacle, parce que l'on serait exposé à quelque méprise si l'on cessait seulement pendant quelques secondes de suivre de l'œil le nuage que l'on est convenu d'observer, et surtout le point qui doit servir de point de mire. Quant à la vitesse qu'il faut employer pour parcourir la demi-longueur de la base, il n'est pas douteux que celle de quatre lieues à l'heure ne soit suffisante lorsqu'on opère sur des bases d'une petite longueur; mais, pour expérimenter en toute liberté, le secours des chemins de fer et des machines locomotives offrirait à la science des avantages inappréciables : dès que les observateurs pourraient si aisément parcourir mille mètres par minute, toutes les questions dont il s'agit, après avoir été si long-temps regardées comme insolubles, deviendraient sans doute les plus simples de la météorologie. Des observations faites isolément dans une seule localité fourniraient déjà quelques données intéressantes, puisqu'on en pourrait déduire non-seulement des conséquences positives

sur la direction, l'étendue, la limite et la durée des courants qui se développent au-dessus de l'horizon, mais probablement aussi leurs rapports avec les mouvements du baromètre, les variations de température, les quantités de pluie, et les autres phénomènes accidentels qui entrent dans la constitution du climat. Cependant toutes ces conséquences seraient restreintes, et pour ainsi dire locales comme les observations elles-mêmes : pour qu'elles pussent prendre leur caractère de généralisation, pour qu'elles pussent contribuer aux progrès de la science d'une manière efficace, il faudrait que le système des expériences dont il s'agit fût institué simultanément dans des contrées différentes. On comprend tout ce qu'il y aurait de documents importants à recueillir si l'on pouvait comparer et discuter sous ce point de vue les résultats des observations faites dans le midi de la France, dans les environs de Paris, en Belgique, en Angleterre, et sur plusieurs points de l'Allemagne et de la Russie.

» Lorsqu'on aurait pu suivre et mesurer avec une certaine rigueur les phénomènes qui se succèdent dans une portion aussi considérable de l'hémisphère boréal, on arriverait sans doute à démêler parmi ces effets si complexes les causes véritables et jusqu'à présent inconnues qui se combinent avec le mouvement de la Terre et l'action de la chaleur pour maintenir la masse atmosphérique dans une agitation presque continuelle.

» Il faut convenir cependant que, malgré sa simplicité scientifique, la méthode générale que je propose exige pour son établissement des conditions de différentes natures qui empêchent qu'elle puisse jamais se répandre sur un grand nombre de points. Je ne me dissimule, à cet égard, aucune des objections très fondées qui s'élèvent contre elle; mais la science ne peut pas toujours procéder par des moyens purement théoriques dont la réalisation ne suppose aucun sacrifice.

» Au reste, ces considérations m'ont porté à chercher une méthode plus simple qui permît du moins à un seul observateur de déterminer la direction du vent dans tous les points du ciel où il peut apercevoir des nuages. Si les observateurs sédentaires qui concourent avec tant de zèle aux progrès de la météorologie trouvent ce procédé d'une application assez prompte et assez sûre, il est présumable qu'ils seront disposés à en faire usage : car ils savent mieux que personne combien il est à regretter que l'on en soit réduit à enregistrer la direction des vents de terre, qui passent au sommet de l'édifice que l'on a choisi pour point d'observation; et combien il serait important de pouvoir marquer d'une manière assez précise la direction des courants qui entraînent les nuages, et surtout celles des courants

multiples qui se manifestent souvent à diverses hauteurs dans l'atmosphère et à diverses distances du zénith. Le moyen dont il s'agit repose sur la relation qui existe entre la distance zénithale d'un nuage et l'angle formé par sa verticale et la verticale de l'observateur : on démontre aisément que le sinus de ce dernier est proportionnel à la tangente du premier, du moins pour toutes les observations qui ne sont pas très voisines de l'horizon.

» En effet, pendant qu'un nuage parcourt un angle de quelques degrés, on peut admettre qu'il se déplace parallèlement à la surface de la terre, ce qui donne

$$\sin c = \frac{h}{r} \operatorname{tang} z,$$

r, rayon terrestre; h, hauteur du nuage; z, sa distance zénithale; c, arc terrestre compris entre sa verticale et la verticale du lieu.

» D'après cela, si dans un intervalle de temps qui ne soit pas trop considérable, on observe deux fois l'angle de hauteur et l'angle azimutal d'un même point d'un nuage, il sera facile de trouver l'angle que fait la projection de sa route avec le parallèle du lieu, soit au moyen d'une résolution de triangles, soit par une construction graphique.

» On pourrait même disposer à cet effet un instrument dont l'usage serait encore plus expéditif; sa construction se réduirait aux éléments suivants : un cercle divisé représentant l'horizon; deux alidades destinées à prendre les directions des deux azimuts observés et portant à partir du centre des divisions proportionnelles aux valeurs de $\sin c$ déduites de la formule précédente, après avoir donné à h une valeur arbitraire, par exemple 100 000, et à z toutes les valeurs depuis 0 à 70 ou 80°; sur chaque alidade se mouvrait un curseur muni d'une tige cylindrique dont le centre correspondrait à la fois au zéro du nonius de la division circulaire et au zéro du nonius de la division longitudinale. On conçoit, en effet, qu'après avoir placé les alidades de telle sorte qu'elles fissent, avec la ligne de foi qui représente le parallèle du lieu, des angles égaux aux deux angles d'azimut observés, et qu'après avoir mis chaque curseur sur la division qui résulte de la distance zénithale correspondante, il n'y aurait plus qu'à chercher l'angle formé par la ligne des deux curseurs et la ligne de foi, ce qui pourrait se faire au moyen d'un système de règles parallèles dont l'une viendrait s'appliquer contre les cylindres, tandis que l'autre se mouvrait autour du centre. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Remarques nouvelles sur l'équation de Riccati; par* M. LIOUVILLE.

« L'équation différentielle du premier ordre, connue sous le nom d'équation de Riccati, a été l'objet des recherches d'un grand nombre de géomètres. Cette équation renferme dans son premier membre la somme de deux termes, l'un égal à la dérivée de la fonction principale Y prise par rapport à la variable indépendante X, l'autre égal au produit du carré de Y par une constante : dans le second membre, il entre un seul terme proportionnel à une puissance de la variable indépendante : l'exposant m de cette puissance peut être nommé *module* de l'équation.

» Pour toutes les valeurs du module, on a trouvé la valeur complète de la fonction Y exprimée sous forme finie à l'aide de quadratures définies. Mais lorsqu'on se borne à admettre dans le calcul les signes algébriques, exponentiels et logarithmiques, les cas d'intégrabilité deviennent très rares. Ceux que l'on a indiqués répondent, comme on sait, à une certaine forme des valeurs du module m, savoir

$$m = -\frac{4i}{2i \pm 1};$$

on les a obtenus par des artifices particuliers, et les méthodes qui les ont fait connaître ne prouvent pas qu'ils soient les seuls possibles. On ignore complétement s'il y a d'autres valeurs du module m pour lesquelles la fonction Y pourrait s'exprimer en X à l'aide d'un nombre limité de signes algébriques, exponentiels et logarithmiques. A la vérité les efforts réitérés des analystes pour découvrir quelque nouveau cas d'intégrabilité n'ayant produit aucun résultat, on est naturellement porté à croire qu'il n'en existe aucun différent de ceux que nous venons de citer. On conçoit pourtant que cela est loin de constituer une démonstration rigoureuse. J'ai donc pensé qu'il pouvait être bon de soumettre la question à une analyse exacte, et je suis parvenu à démontrer que les cas d'intégrabilité indiqués plus haut sont en effet les seuls admissibles. J'ajoute qu'il en serait encore ainsi lors même qu'aux signes algébriques, exponentiels et logarithmiques, on joindrait le signe $\int$ d'intégration indéfinie relative à la variable X. Ce théorème est démontré en détail et d'une manière simple dans mon Mémoire. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la convergence des séries qui représentent les intégrales générales d'un système d'équations différentielles; par* M. AUGUSTIN CAUCHY.

« Suivant le principe général énoncé dans mes Mémoires de 1831 et 1832, la loi de convergence des séries qui représentent les développements des fonctions explicites ou implicites d'une ou de plusieurs variables se réduit à la loi de continuité. En partant de ce principe, on reconnaît aisément, comme je l'ai remarqué dans la dernière séance, que la recherche des règles de convergence, pour les séries qui représentent les intégrales générales d'un système d'équations différentielles, se réduit à la recherche de certaines intégrales particulières de ces mêmes équations. Concevons, pour fixer les idées, que les équations différentielles données étant relatives à un problème de mécanique, où le temps t est pris pour variable indépendante, elles aient été réduites au premier ordre, et résolues par rapport aux dérivées des inconnues, de manière à offrir les valeurs de ces dérivées en fonction du temps et des inconnues elles-mêmes. On pourra représenter les valeurs générales des inconnues par des séries ordonnées suivant les puissances ascendantes et entières d'un paramètre α, qui serait considéré comme facteur commun des seconds membres de toutes les équations différentielles, et que l'on réduira simplement à l'unité lorsqu'on aura construit les divers développements. D'ailleurs les séries dont il s'agit pourront n'être pas toujours convergentes, quel que soit le temps t. Au contraire, elles cesseront ordinairement d'être convergentes quand la valeur numérique du temps t deviendra supérieure à une certaine limite. Or cette limite sera la plus petite des valeurs de t correspondantes aux intégrales particulières que l'on obtient lorsqu'en supposant le module de α réduit à l'unité, on joint aux équations différentielles données les conditions qui expriment que les inconnues, ou les fonctions propres à représenter les dérivées des inconnues, ou les dérivées de ces fonctions prises par rapport aux inconnues elles-mêmes, deviennent infinies ou discontinues.

» Lorsque les intégrales particulières qui doivent fournir les valeurs de t ci-dessus mentionnées ne peuvent pas s'obtenir en termes finis, on peut du moins calculer ces valeurs avec telle approximation que l'on voudra, soit à l'aide de la méthode d'intégration que j'ai développée dans mes Leçons de seconde année à l'École Polytechnique, soit à l'aide de nouveaux développements en séries. On pourrait aussi recourir à divers théorèmes que j'ai

donnés dans un Mémoire lithographié vers la fin de 1835, et à quelques autres théorèmes du même genre. Si ces derniers théorèmes ne déterminent pas toujours l'instant précis où les séries qui représentent les intégrales générales des équations différentielles données restent convergentes, ils ont du moins l'avantage de fournir, sans intégration, une limite au-dessous de laquelle on peut faire varier le temps arbitrairement, sans détruire la convergence.

» Les principes que je viens d'énoncer, étant appliqués à la mécanique céleste, donneront immédiatement la solution d'un problème de la plus haute importance, et qui pourtant ne se trouve abordé en aucune manière dans les ouvrages de nos plus illustres géomètres. Laplace, il est vrai, a étudié sous le rapport de la convergence, la série qui représente le rayon vecteur d'une planète développé suivant les puissances ascendantes de l'excentricité; mais ce développement est relatif au mouvement elliptique, c'est-à-dire, au cas où les équations différentielles d'une planète peuvent s'obtenir exactement sans le secours des séries. Dans le cas général, où l'on recherche les lois du mouvement troublé, les séries qui représentent les intégrales de ce mouvement se trouvent ordonnées suivant les puissances ascendantes des masses perturbatrices. Mais, quoique ces masses soient fort petites, on ne sait absolument rien sur la convergence des séries qui les renferment; et il n'est démontré nulle part que ces séries restent convergentes, même pendant un temps très court, même pendant quelques années, même pendant quelques jours. On pourra maintenant réparer cette omission, déterminer une époque, en-deçà de laquelle les séries obtenues resteront toujours convergentes, et même fixer des limites aux erreurs que l'on commettra, en arrêtant ces séries lorsqu'elles seront convergentes, après un certain nombre de termes.

ANALYSE.

§ Ier *Considérations générales sur la convergence des séries qui représentent les intégrales d'un système d'équations différentielles.*

» Le temps t étant pris pour variable indépendante, soient

$$x, y, \ldots$$

des inconnues assujéties à vérifier, 1° quel que soit t, les équations diffé-

rentielles

$$(1) \qquad D_t x = P, \quad D_t y = Q, \ldots$$

dans lesquelles P, Q, représentent des fonctions données de $x, y, \ldots t$; 2° pour $t = \theta$, les conditions

$$(2) \qquad x = \mathrm{x}, \quad y = \mathrm{y}, \ldots$$

On pourra considérer les équations (1) comme produites par la réduction du paramètre α à l'unité dans les équations plus générales

$$(3) \qquad D_t x = \alpha P, \quad D_t y = \alpha Q, \ldots :$$

et, en vertu de ces dernières, jointes aux conditions (2), on pourra, pour un très petit module du paramètre α, développer en série ordonnée suivant les puissances ascendantes de ce paramètre, ou l'une quelconque des inconnues

$$x, y, \ldots$$

ou même une fonction quelconque s de ces inconnues. Si, en désignant par

$$\varsigma, \mathfrak{P}, \mathfrak{Q}, \ldots$$

les valeurs de

$$s, P, Q, \ldots$$

correspondantes à $t = \theta$, on pose

$$(4) \qquad \square = \mathfrak{P} D x + \mathfrak{Q} D y + \ldots;$$

si d'ailleurs on nomme

$$\square_{,}, \square_{,,}, \ldots$$

ce que devient $\square$ quand on y remplace successivement θ par diverses variables auxiliaires

$$\theta_{,}, \theta_{,,}, \ldots$$

la valeur générale de s, développée en série, sera

$$(5) \qquad s = \varsigma + \alpha \int_{\theta}^{t} \square_{,} \varsigma \, d\theta_{,} + \alpha^2 \int_{\theta}^{t} \int_{\theta_{,}}^{t} \square_{,} \square_{,,} \varsigma \, d\theta_{,,} \, d\theta_{,} + \ldots ;$$

et, si l'on veut en particulier déduire de la formule (5) la valeur de l'inconnue x, on trouvera

$$(6) \qquad x = \mathrm{x} + \alpha \int_0^t \Box_{\prime}\, \mathrm{x}\, d\theta_{\prime} + \alpha^2 \int_0^t \int_{\theta_{\prime}}^t \Box_{\prime}\Box_{\prime\prime}\, \mathrm{x}\, d\theta_{\prime\prime} d\theta_{\prime} + \ldots$$

Lorsque les équations (3) se réduiront aux équations (1), alors le paramètre α étant l'unité, les formules (5) et (6) donneront

$$(7) \qquad s = \varsigma + \int_0^t \Box_{\prime}\, \varsigma\, d\theta_{\prime} + \int_0^t \int_{\theta_{\prime}}^t \Box_{\prime}\Box_{\prime\prime}\, \varsigma\, d\theta_{\prime\prime} d\theta_{\prime} + \ldots,$$

et

$$(8) \qquad x = \mathrm{x} + \int_0^t \Box_{\prime}\mathrm{x}\, d\theta_{\prime} + \int_0^t \int_{\theta_{\prime}}^t \Box_{\prime}\Box_{\prime\prime}\, \mathrm{x}\, d\theta_{\prime\prime} d\theta_{\prime} + \ldots$$

Or, d'après ce qui a été dit dans l'article précédent, les développements des inconnues

$$x,\ y,\ldots$$

fournis par l'équation (6), et autres semblables, resteront convergents jusqu'au moment où l'accroissement attribué soit au module du paramètre α, soit à la valeur réelle de t, produira une valeur infinie de l'une des inconnues

$$x,\ y,\ldots,$$

ou bien encore une valeur infinie ou discontinue de l'une des fonctions

$$(9) \qquad \mathrm{P},\quad \mathrm{Q},\ldots,\quad \mathrm{D}_x\mathrm{P},\quad \mathrm{D}_x\mathrm{Q},\ldots,\quad \mathrm{D}_y\mathrm{P},\quad \mathrm{D}_y\mathrm{Q},\ldots$$

» Supposons, pour fixer les idées, que chacune des fonctions (9) ne devienne jamais discontinue sans devenir infinie. Alors les séries qui, dans les formules (6),..., représentent les valeurs générales des inconnues, ne pourront cesser d'être convergentes qu'au moment où l'accroissement attribué à la valeur réelle de t permettra de vérifier l'une des conditions

$$(10) \qquad \left\{ \begin{array}{llll} x = \frac{1}{0}, & y = \frac{1}{0},\ldots & \mathrm{P} = \frac{1}{0}, & \mathrm{Q} = \frac{1}{0},\ldots \\ \mathrm{D}_x\mathrm{P} = \frac{1}{0}, & \mathrm{D}_x\mathrm{Q} = \frac{1}{0},\ldots & \mathrm{D}_y\mathrm{P} = \frac{1}{0}, & \mathrm{D}_y\mathrm{Q} = \frac{1}{0},\ldots \end{array} \right.$$

Dans tous les cas la valeur de t, pour laquelle les développements de $x, y,\ldots$ cesseront d'être convergents, sera la plus petite de celles pour lesquelles se vérifieront certaines conditions de la forme

$$(11) \qquad s = a,$$

s pouvant désigner successivement les diverses inconnues $x, y,\ldots,$ puis certaines fonctions de $x, y,\ldots, t$, et a désignant une constante réelle ou imaginaire, finie ou infinie. Il nous reste à montrer comment une semblable condition peut servir à déterminer la valeur de t.

» Or, soit

$$(12) \qquad s = \mathrm{f}(x, y,\ldots, t)$$

la formule par laquelle s se trouve exprimée en fonction des variables $x, y,\ldots, t$; et supposons d'abord que l'on puisse intégrer en termes finis les équations (3). En substituant dans la formule (12) les valeurs de $x, y,\ldots$ que fournissent les intégrales générales de ces équations, l'on trouvera

$$(13) \qquad s = \mathcal{F}(\alpha, t),$$

$\mathcal{F}(\alpha, t)$ désignant une fonction finie de α, t; et, pour vérifier la condition (1), il suffira de chercher les valeurs réelles de t qui serviront de racines à l'équation

$$(14) \qquad a = \mathcal{F}(\alpha, t).$$

Si les séries que l'on veut étudier, sous le rapport de la convergence, sont les séries (8),... c'est-à-dire celles qui représentent les intégrales des équations (1), on devra, dans la formule (14), supposer le module de α réduit à l'unité, et chercher la plus petite des valeurs réelles de t correspondantes à ce module de α. Ajoutons que si la fonction $\mathrm{f}(x, y,\ldots, t)$ est indépendante de t, la fonction $\mathcal{F}(\alpha, t)$ sera précisément celle qui, développée en série suivant les puissances ascendantes de α, offrira pour développement le second membre de la formule (5).

» Passons au cas où les intégrales des équations (3) ne peuvent s'obtenir en termes finis. Alors en posant, pour abréger,

$$(15) \qquad \mathrm{S} = (\mathrm{D}_t + \mathrm{P}\mathrm{D}_x + \mathrm{Q}\mathrm{D}_y + \ldots)\,\mathrm{f}(x, y,\ldots, t),$$

on reconnaîtra que

$$x, y, \ldots, s,$$

considérées comme fonctions de t, vérifient non-seulement les équations (3), mais encore la suivante

$$(16) \qquad D_t s = \alpha S.$$

Si maintenant on prend pour variable indépendante s au lieu de t, les équations (3) et (16) donneront

$$(17) \qquad D_s t = \frac{1}{\alpha S}, \quad D_s x = \frac{P}{S}, \quad D_s y = \frac{Q}{S}, \ldots$$

Soit d'ailleurs $\mathcal{S}$ ce que devient S quand on y remplace

$$x, y, \ldots, t,$$

par

$$\mathrm{x}, \mathrm{y}, \ldots, \theta,$$

et supposons la valeur de $\square$ déterminée non plus par la formule (4), mais par la suivante

$$(18) \qquad \square = \frac{1}{\alpha \mathcal{S}} D_\theta + \frac{\varphi}{\mathcal{S}} D_{\mathrm{x}} + \frac{\chi}{\mathcal{S}} D_{\mathrm{y}} + \ldots$$

Pour obtenir la valeur cherchée de t, il suffira d'intégrer l'équation caractéristique

$$(19) \qquad (D_s + \square) t = 0$$

de manière que pour $s = \varsigma$ on ait $t = \theta$, puis de poser dans l'intégrale trouvée

$$s = 0.$$

Alors la valeur de t, fournie par cette intégrale, ne dépendra plus que du paramètre α, et, en réduisant le module de ce paramètre à l'unité, on devra en déterminer l'argument de manière que la valeur de t soit réelle et la plus petite possible.

» La valeur de t ainsi obtenue se trouvera exprimée en nombres. Elle sera ce qu'on pourrait appeler une *intégrale définie* du système des équations (17), ou de l'équation (19).

» Pour calculer la valeur exacte ou du moins approchée de l'intégrale définie dont nous venons de parler, on peut appliquer à l'intégration des équations (17) ou de la formule (19), la méthode que j'ai autrefois exposée dans mes Leçons de seconde année à l'École Polytechnique, et que j'ai rappelée dans un Mémoire lithographié vers la fin de l'année 1835, ou bien encore la méthode d'intégration par séries. La première méthode, dans laquelle les intégrales particulières d'un système d'équations différentielles sont considérées comme représentant les limites vers lesquelles convergent les intégrales d'un système d'équations aux différences finies, fournit, comme on sait, les valeurs numériques des premières intégrales avec une approximation qui se trouve mesurée par la méthode elle-même, et qui peut être rendue aussi considérable que l'on voudra. Quant à la méthode d'intégration par séries, elle pourra s'appliquer de diverses manières à l'équation (19); et cette application sera très avantageuse, si l'on parvient à décomposer $\square$ en deux parties dont la première diffère peu de $\square$ et permette, lorsqu'on la substitue à $\square$, d'obtenir une intégrale de l'équation (19) en termes finis.

» Au reste, on pourra, dans un grand nombre de cas, employer pour calculer la valeur cherchée de t, la formule même en laquelle se change l'équation (7), lorsque l'on substitue la variable t à la variable s, en supposant la valeur de $\square$ déterminée, non plus par l'équation (4), mais par l'équation (18). D'ailleurs comme, dans cette supposition, les valeurs de

$$\square, \ \square_{\prime}, \ \square_{\prime\prime}, \ldots$$

seront égales, attendu que ς n'entre pas dans le second membre de la formule (18), il est clair qu'au lieu de la formule (7) on obtiendra la suivante

$$(20) \qquad t = \theta + \frac{s-\varsigma}{1}\square\theta + \frac{(s-\varsigma)^2}{1.2}\square\,\theta + \ldots$$

Si, dans cette dernière, on pose $s = a$, elle donnera la valeur cherchée de t, savoir

$$(21) \qquad t = \theta + \frac{a-\varsigma}{1}\square\theta + \frac{(a-\varsigma)^2}{1.2}\square^2\theta + \ldots$$

» Si, au lieu de substituer à la formule (12) une nouvelle équation différentielle, savoir l'équation (16), on se servait simplement de la formule (12) pour éliminer des équations (3) l'une des inconnues x, y, ..., en substi-

tuant par exemple s à x, alors P, Q,... et la valeur de S donnée par la formule (15) devraient être considérées comme fonctions de

$$s,\ y,\ldots,\ t;$$

et en nommant $\mathcal{Q}$, $\mathfrak{s}$,... ce que deviendraient Q,... S, après la substitution de ς, y,..., θ, à s, y,..., t, il faudrait, pour déterminer la valeur cherchée de t, joindre à l'équation (19), non plus la formule (18), mais la suivante

$$(22)\qquad \square = \frac{\mathcal{Q}}{\mathfrak{s}} D_y + \ldots + \frac{1}{\mathfrak{S}} D_\theta$$

D'ailleurs, ς se trouvant alors renfermé dans les fonctions $\mathcal{Q}$,..., $\mathfrak{s}$, il faudrait encore à l'équation (20) substituer celle-ci

$$(23)\qquad t = \theta + \int_{\varsigma}^{s} \square_{\prime}\theta\, d\varsigma_{\prime} + \int_{\varsigma}^{s}\int_{\varsigma_{\prime}}^{s} \square_{\prime}\square_{\prime\prime}\theta\, d\varsigma_{\prime\prime} d\varsigma_{\prime} + \ldots,$$

$\square_{\prime}$, $\square_{\prime\prime}$,... étant ce que deviendrait $\square$, quand on y remplacerait successivement ς par diverses variables auxiliaires $\varsigma_{\prime}$, $\varsigma_{\prime\prime}$,...

§ II. *Applications des principes établis dans le premier paragraphe à une équation différentielle du premier ordre.*

» Concevons que les équations (3) du § 1er se réduisent à une seule, et supposons en conséquence l'inconnue x assujétie à vérifier, 1° quel que soit t, la formule

$$(1)\qquad D_t x = \alpha P,$$

dans laquelle P désigne une fonction de x et t; 2° pour $t = \theta$, la condition

$$(2)\qquad x = \mathrm{x}.$$

Si, en nommant $\mathfrak{P}$ la valeur de P correspondante aux valeurs x, θ des variables x, t, on prend

$$(3)\qquad \square = \mathfrak{P} D_{\mathrm{x}},$$

on aura, pour de très petites valeurs du module de α,

$$(4)\qquad x = \mathrm{x} + \alpha \int_\theta^t \square_{,} \mathrm{x}\, d\theta_{,} + \alpha^2 \int_\theta^t \int_{\theta_{,}}^t \square_{,} \square_{,,} \mathrm{x}\, d\theta_{,,} d\theta_{,} + \ldots,$$

$\square_{,}$, $\square_{,,}$,... étant ce que devient $\square$ quand on y remplace successivement θ par diverses variables auxiliaires $\theta_{,}$, $\theta_{,,}$,... Si d'ailleurs les fonctions

$$\mathrm{P},\ \mathrm{D}_x \mathrm{P},$$

ne peuvent devenir discontinues qu'en devenant infinies, la formule (6) continuera généralement de subsister, et de fournir le développement de x en série convergente ordonnée suivant les puissances ascendantes de α, jusqu'au moment où l'accroissement attribué soit à la valeur réelle de t, soit au module de α, permettra de vérifier l'une des conditions

$$(5)\qquad x = \frac{1}{0}, \quad \mathrm{P} = \frac{1}{0}, \quad \mathrm{D}_x \mathrm{P} = \frac{1}{0}.$$

» Dans le cas particulier où l'on prend $\alpha = 1$, l'équation (1) se réduit à

$$(6)\qquad \mathrm{D}_t x = \mathrm{P},$$

et la valeur de x, développée en série, à

$$(7)\qquad x = \mathrm{x} + \int_\theta^t \square_{,} \mathrm{x}\, d\theta_{,} + \int_\theta^t \int_{\theta_{,}}^t \square_{,} \square_{,,} \mathrm{x}\, d\theta_{,,} d\theta_{,} + \ldots$$

» Cherchons maintenant à déduire de l'équation (1), jointe aux conditions (5), la valeur de t pour laquelle le développement de x cesse d'être convergent; et, pour plus de commodité, supposons d'abord que chacune des formules (5), résolue par rapport à x, fournisse seulement des valeurs de x indépendantes de t. Si l'on nomme a une de ces valeurs, il faudra, pour trouver les conditions de convergence du développement de x, tirer de l'équation (1) la valeur de t correspondante à

$$(8)\qquad x = a,$$

en supposant déjà connue la valeur θ de t correspondante à $x = \mathrm{x}$. Par suite, dans l'intégration particulière qu'il s'agira d'effectuer, t deviendra l'inconnue, x remplissant au contraire le rôle de variable indépendante. Il y a plus, on n'aura point à rechercher la valeur générale de l'incon-

nue t correspondante à une valeur quelconque de la variable indépendante x, mais seulement la valeur particulière de t qui correspond à $x = a$. Or, pour résoudre ce dernier problème, il suffira souvent de développer non plus la variable x suivant les puissances ascendantes de α, mais la variable t suivant les puissances ascendantes de $\frac{1}{\alpha}$, en appliquant l'intégration par séries à l'équation (1), mise sous la forme

$$D_\alpha t = \alpha^{-1} \mathrm{P}^{-1}. \tag{9}$$

Effectivement, en vertu de cette équation, la variable t sera développable, pour de très grands modules de α, en série convergente ordonnée suivant les puissances ascendantes de α^{-1}; et si l'on suppose la valeur de $\square$ déterminée, non plus par la formule (3), mais par la suivante

$$\square = \mathfrak{P}^{-1} \mathrm{D}_\theta\,; \tag{10}$$

si d'ailleurs on nomme

$$\square_{,},\ \square_{,,},\dots$$

ce que devient $\square$ quand on y remplace successivement x par diverses variables auxiliaires

$$\mathrm{x}_{,},\quad \mathrm{x}_{,,},\dots$$

on tirera de l'équation différentielle (9)

$$t = \theta + \alpha^{-1} \int_{\mathrm{x}}^{x} \square_{,}\theta\, d\mathrm{x}_{,} + \alpha^{-2} \int_{\mathrm{x}}^{x}\int_{\mathrm{x}_{,}}^{x} \square_{,}\square_{,,}\theta\, d\mathrm{x}_{,,}\, d\mathrm{x}_{,} + \dots \tag{11}$$

Donc la valeur particulière de t, correspondante à $x = a$, sera

$$t = \theta + \alpha^{-1} \int_{\mathrm{x}}^{a} \square_{,}\theta\, d\mathrm{x}_{,} + \alpha^{-2} \int_{x}^{a}\int_{\mathrm{x}_{,}}^{a} \square_{,}\square_{,,}\theta\, d\mathrm{x}_{,,}\, d\mathrm{x}_{,} + \dots \tag{12}$$

Les intégrales définies, comprises dans cette dernière formule, se réduisent à des nombres, puisque l'on connaît, par hypothèse, les valeurs des quantités x, θ et a. Donc, à l'aide de la formule (12), lorsque le second membre de cette formule sera convergent, et pour chaque valeur donnée de α, on pourra calculer la valeur de t correspondante à une valeur constante a de x, tirée des formules (5).

» La formule (12), particulièrement relative au cas où chacune des conditions (5) fournit des valeurs constantes de x, est semblable à l'équation (23) du § I^{er}, de laquelle on la déduit en remplaçant

$$s,\ \varsigma,\ S,\ \mathcal{S},$$

par

$$x,\ \mathrm{x},\ P,\ \mathcal{P},$$

et $\square$ par $\frac{1}{a}\square$.

» Concevons maintenant que l'une quelconque des conditions fournies par les équations (5), soit présentée sous la forme

$$s = a, \tag{13}$$

s désignant une fonction réelle ou imaginaire $f(x, t)$ des variables x, t, et a étant une constante réelle ou imaginaire, finie ou infinie. On pourra, dans un grand nombre de cas, déterminer la valeur cherchée de t, à l'aide de la formule (21) du § I^{er}. Alors, en posant

$$S = (PD_x + D_t)\, f(x, t), \tag{14}$$

et nommant

$$\mathcal{P},\ \mathcal{S},\ \varsigma,$$

ce que deviennent

$$P,\ S,\ s,$$

quand on y remplace x, t par x, θ, on aura

$$t = \theta + \frac{a-\varsigma}{1}\square\theta + \frac{(a-\varsigma)^2}{1.2}\square^2\theta + \ldots, \tag{15}$$

la valeur de $\square$ étant

$$\square = \frac{\mathcal{P}}{\mathcal{S}} D_{\mathrm{x}} + \frac{1}{a\mathcal{S}} D_{\theta}. \tag{16}$$

» Lorsqu'à l'aide de la formule (12) ou (15), ou autres semblables, on aura calculé, pour un module donné de a, les diverses valeurs réelles de t correspondantes aux diverses solutions des conditions (5), la plus petite de ces valeurs sera généralement la limite que t ne pourra dépasser sans que le développement de x cesse d'être convergent.

» Si l'on supposait donnée en nombres la valeur extrême de t, les mêmes formules pourraient servir à déterminer le module de α, pour lequel la série qui représente le développement de x cesse d'être convergente.

» Pour montrer une application des principes que nous venons d'exposer, prenons

$$\mathrm{P} = x^3 t.$$

Alors, l'équation (1) étant réduite à

$$(17) \qquad \mathrm{D}_t x = \alpha x^3 t,$$

le développement de x, fourni par l'équation (12), sera

$$(18) \qquad x = \mathrm{x} + \tfrac{1}{2}\,\alpha\,\mathrm{x}^3(t^2 - \theta^2) + \frac{1.3}{2.4}\,\alpha^2\,\mathrm{x}^5\,(t^2 - \theta^2)^2 + \ldots\ldots;$$

et comme les expressions

$$\mathrm{P} = x^3 t, \quad \mathrm{D}_x\mathrm{P} = 3x^2 t,$$

ne cesseront d'être des fonctions finies et continues de x que pour $x = \frac{1}{0}$, la seule valeur que a pourra recevoir sera

$$a = \tfrac{1}{0}.$$

Cela posé, la formule (12) donnera

$$(19) \quad t = \theta + \tfrac{1}{2}\,\alpha^{-1}\,\theta^{-1}\,\mathrm{x}^{-2} - \frac{1}{2.4}\,\alpha^{-2}\,\theta^{-3}\,\mathrm{x}^{-4} + \frac{1.3}{4.5.6}\,\alpha^{-3}\theta^{-5}\,\mathrm{x}^{-6} - \ldots$$

Si, pour fixer les idées, on prend

$$\mathrm{x} = 1, \quad \theta = 1,$$

en supposant le module de α réduit à l'unité, la plus petite des valeurs réelles de t fournies par l'équation (19) sera

$$t = 1 + \tfrac{1}{2} - \frac{1}{2.4} + \frac{1.3}{2.4.6} - \ldots\ldots = 1,4142\ldots\ldots,$$

et par suite le développement de x, réduit à

$$x = 1 + \tfrac{1}{2}(t^2 - 1) + \frac{1.3}{2.4}(t^2 - 1)^2 + \frac{1.3.5}{2.4.6}(t^2 - 1)^3 + \ldots$$

restera convergent tant que la valeur de t restera inférieure au nombre

$$1,4142\ldots$$

Il est facile de vérifier cette conclusion, attendu que l'équation (17) est une de celles dont l'intégrale générale peut s'obtenir en termes finis. Cette intégrale, étant

$$\frac{1}{\mathrm{x}^2} - \frac{1}{x^2} = \alpha(t^2 - \theta^2),$$

donne pour x la valeur suivante

$$x = \mathrm{x}\,[1 - \alpha\mathrm{x}^2(t^2 - \theta^2)]^{-\frac{1}{2}},$$

qui se développe en série convergente, ordonnée suivant les puissances ascendantes de α, quand t conserve une valeur numérique inférieure à celle que détermine la formule

$$\alpha\mathrm{x}^2(t^2 - \theta^2) = 1.$$

D'ailleurs on tire de cette formule, en supposant θ et t positifs,

$$t = \theta\,(1 + \alpha^{-1}\theta^{-2}\mathrm{x}^{-2})^{\frac{1}{2}}, \tag{20}$$

et il est aisé de s'assurer que le second membre de l'équation (20) représente précisément la série que renferme l'équation (19). Dans le cas particulier où l'on réduit chacune des quantités

$$\alpha,\ \theta,\ \mathrm{x},$$

à l'unité, la formule (20) donne simplement

$$t = \sqrt{2} = 1,4142\ldots$$

» Considérons maintenant à part la première des formules (5), et nommons T la valeur de t correspondante à la valeur infinie de x que donne cette même formule. Enfin soient

$$\xi,\ \tau,$$

deux valeurs correspondantes de x et t, qui se rapprochent beaucoup, la

première de la limite $\frac{1}{0}$, la seconde de la limite T; et posons, pour plus de commodité,

$$P = f(x, t).$$

On tirera de la formule (9)

$$T - \tau = \alpha^{-1} \int_{\xi}^{\frac{1}{0}} \frac{dx}{P},$$

ou, ce qui revient au même,

(21) $$T - \tau = \alpha^{-1} \int_{\xi}^{\frac{1}{0}} \frac{dx}{f(x, t)},$$

la quantité t que renferme sous le signe $\int$ la fonction $f(x, t)$ étant variable avec x, mais toujours peu différente de T. Donc, si T n'est pas infini, la formule (21) donnera sensiblement

$$T - \tau = \alpha^{-1} \int_{\xi}^{\frac{1}{0}} \frac{dx}{f(x, T)};$$

et comme alors la valeur numérique de $T - \tau$ sera très petite, il faudra que l'intégrale définie singulière

(22) $$\int_{\xi}^{\frac{1}{0}} \frac{dx}{f(x, T)}$$

diffère peu de zéro. Si cette dernière condition n'est pas remplie, on devra en conclure qu'à la valeur infinie de x fournie par la première des conditions (5), correspond une valeur infinie de t. Donc alors on pourra ne pas tenir compte de la première des conditions (5), et, si ces trois conditions se réduisent à la première, x ne cessera jamais d'être développable en série convergente, ordonnée suivant les puissances ascendantes de α.

» Supposons, pour fixer les idées,

$$f(x, t) = x\mathrm{f}(t) + F(t),$$

$\mathrm{f}(t)$, $F(t)$ désignant deux fonctions de t, dont chacune reste finie et continue, pour toutes les valeurs finies de t. Alors les trois conditions (5) se réduiront effectivement à la première, et l'intégrale singulière (22), loin d'être infiniment petite, sera généralement infinie. Donc la valeur T de t correspondante à $x = \frac{1}{0}$ sera infinie, et l'équation différentielle

(23) $$D_t x = \alpha[x\mathrm{f}(t) + F(t)],$$

qui est tout à la fois du premier ordre, et du premier degré par rapport à l'inconnue x, offrira une intégrale générale, en vertu de laquelle x sera toujours développable en série ordonnée suivant les puissances ascendantes de α. On peut aisément vérifier l'exactitude de cette conclusion, l'intégrale générale de l'équation (23) étant

$$(24) \qquad x = e^{\alpha \int_{\theta}^{t} f(t)\, dt} \left[x + \alpha \int_{\theta}^{t} F(t)\, e^{-\alpha \int_{\theta}^{t} f(t)\, dt} \right].$$

» Il n'en serait plus de même si à l'équation (23) on substituait la suivante

$$(25) \qquad D_t x = x^m [x f(t) + F(t)],$$

m étant un nombre entier quelconque, ou si plus généralement la fonction de x et de t, représentée par P dans l'équation (1), était, relativement à x, une fonction entière d'un degré supérieur au premier. Alors, en vertu des formules (5), la seule valeur que a pourrait recevoir serait encore

$$a = \frac{1}{0};$$

mais l'intégrale (22) deviendrait généralement infiniment petite, et la valeur de t correspondante à

$$x = a = \frac{1}{0}$$

resterait généralement finie. On pourrait d'ailleurs employer à la recherche de cette valeur la formule (12) ou (15). Si, pour fixer les idées, on supposait l'équation (1) réduite à

$$(26) \qquad D_t x = \alpha \frac{x(x+t)}{t^n},$$

la formule (12) donnerait

$$(27) \quad t = \theta + \alpha^{-1} \theta\, l\left(1 + \frac{\theta}{x}\right) + \alpha^{-2} \theta \left\{ l\left(1 + \frac{\theta}{x}\right) - \frac{\theta}{x+\theta} + \frac{1}{2}\left[l\left(1 + \frac{\theta}{x}\right)\right]^2 \right\} + \ldots,$$

et fournirait la valeur que t ne peut dépasser sans que le développement de x cesse d'être convergent. On peut encore vérifier directement cette dernière conclusion; car, l'équation (28) étant homogène, son intégrale

générale peut s'obtenir en termes finis. Or cette intégrale générale étant

(28) $$\frac{\alpha x + (\alpha - 1)t}{x} t^{\alpha - 1} = \frac{\alpha \mathrm{x} + (\alpha - 1)\theta}{\mathrm{x}} \theta^{\alpha - 1},$$

donnera

(30) $$x = \frac{(\alpha - 1)t^{\alpha}}{c - \alpha t^{\alpha - 1}},$$

pourvu que l'on pose

$$c = \frac{\alpha \mathrm{x} + (\alpha - 1)\theta}{\mathrm{x}} \theta^{\alpha - 1},$$

et la valeur de x fournie par l'équation (30) ne cessera d'être développable suivant les puissances ascendantes de α, qu'au moment où elle deviendra discontinue en devenant infinie, pour la valeur de t fournie par l'équation

$$t = \left(\frac{c}{\alpha}\right)^{\frac{1}{\alpha - 1}},$$

ou

(31) $$t = \theta\left(1 + \frac{\theta}{\mathrm{x}} - \frac{\theta}{\alpha \mathrm{x}}\right)^{\frac{1}{\alpha - 1}}.$$

Or cette dernière valeur de t a pour développement le second membre de la formule (27).

» Si l'on supposait l'équation (1) réduite à

(32) $$\mathrm{D}_t x = x^{-m}[x f(t) + \mathrm{F}(t)],$$

m désignant toujours un nombre entier, les formules (5) fourniraient deux valeurs constantes de x, savoir $x = \frac{1}{0}$, et $x = 0$; et l'on pourrait faire abstraction de la première, puisque l'intégrale (22) deviendrait infinie. Donc alors, pour déduire de l'équation (12) ou (15) la valeur de t, il faudrait, dans cette équation, réduire à zéro la constante a.

» En terminant cet article, nous ferons une remarque importante. Suivant le principe général rappelé au commencement du Mémoire, une fonction de α est généralement développable en série convergente ordonnée suivant les puissances ascendantes de α jusqu'au moment où le module de α devait être assez grand pour que la fonction ou sa dérivée devienne infinie ou discontinue. Donc, si les inconnues $x, y, \ldots$ sont des fonctions

de α, représentées par les intégrales d'équations différentielles de la forme

$$D_t x = \alpha P, \quad D_t y = \alpha Q, \ldots,$$

les développements de ces inconnues pourront cesser d'être convergents, soit lorsque les valeurs de

$$x, y, \ldots$$

deviendront infinies ou discontinues, soit lorsque les dérivées

$$D_\alpha x, \quad D_\alpha y, \ldots$$

deviendront elles-mêmes infinies ou discontinues. Si donc, les valeurs de x, y,... restant finies et continues, les dérivées $D_\alpha x$, $D_\alpha y$,... pouvaient cesser de l'être, il faudrait aux conditions auxquelles nous avons eu égard, joindre des conditions nouvelles fournies par la considération de ces dérivées. Mais il paraît qu'en général ces nouvelles conditions ne diffèrent pas des premières. C'est du moins la conclusion à laquelle on se trouve conduit lorsque les équations différentielles données se réduisent à une seule équation de la forme

$$D_t x = \alpha P.$$

En effet de cette équation différentiée par rapport à α, l'on tire

$$D_t D_\alpha x = P + \alpha D_\alpha x D_x P,$$

puis, en considérant x comme fonction de t,

$$(33) \qquad D_\alpha x = e^{\alpha \int_t^\theta D_x P dt} \int_t^\theta P e^{-\alpha \int_\theta^t D_x P dt} dt;$$

et pour que cette dernière valeur de $D_\alpha x$ devienne infinie ou discontinue, il faut évidemment que l'une des quantités

$$y, \ P, \ D_x P,$$

devienne elle-même infinie ou discontinue. »

« M. **Duméril**, à l'occasion du *Compte rendu* de la dernière séance, sur une lettre de M. *Forester*, fait connaître :

» Qu'il y a deux observations authentiques de la phosphorescence des Lombrics, faites par deux naturalistes distingués :

» La première est de M. de Flaugergues, consignée dans le tome XVI du *Journal de Physique*, page 311-315. C'est une lettre sur le phosphorisme des vers de terre.

» Il a observé le phénomène pendant plusieurs années de suite, toujours au mois d'octobre, en 1771-75-76.

» Il a reconnu que la lumière émanait principalement de la partie du corps où sont placés les organes générateurs externes.

» La seconde est de Bruguière, insérée dans le *Journal d'Histoire naturelle*, tome II, page 267. Elle est intitulée : *Sur la qualité phosphorique du ver de terre en certaines circonstances.* »

ANIMAUX PHOSPHORESCENTS. — *Remarques sur la phosphorescence de quelques animaux articulés*, à l'occasion d'une Lettre de M. Forester sur la phosphorescence des *Lombrics terrestres ; par* M. **V. Audouin.**

« Dans la dernière séance, à l'occasion d'une lettre de M. Forester sur la *phosphorescence des Lombrics de terre*, j'ai émis un doute qui paraîtrait une contradiction trop formelle du fait avancé si l'on croyait que j'ai prétendu nier formellement la réalité de cette phosphorescence ; telle n'a pas été mon intention. En effet, je sais mieux que personne que ce phénomène n'a rien d'impossible, l'ayant étudié expérimentalement très souvent sur plusieurs animaux articulés ; mais j'ai dit que je n'avais pas été jusqu'ici assez heureux pour en être témoin chez les *vers de terre* ou *Lombrics terrestres*.

» Je n'ignorais pas que M. de Flaugergues avait publié, il y a soixante ans, dans le Recueil de l'abbé Rozier (octobre 1780) des observations sur la *phosphorescence des vers de terre ;* et que, douze ans plus tard, en 1792, Bruguière avait constaté un fait analogue. Depuis long-temps j'avais cherché à vérifier ce phénomène, lorsque, croyant enfin y être parvenu, je fus détrompé par la découverte de la phosphorescence chez un animal articulé d'un tout autre ordre que les Lombrics. Voici dans quelles circonstances :

» J'étais en 1814 à Choisy-le-Roi près Paris, où je passais habituellement le temps des vacances scholastiques et je m'y occupais d'observations sur

les mœurs des insectes qui me mettaient en rapports fréquents avec des cultivateurs. Le 16 août l'un d'eux vint me trouver à 9 heures du soir et me fit part d'un fait tout nouveau pour lui : la présence d'une foule innombrable de *vers de terre*, disait-il, qui vivaient dans une plate-bande plantée en chicorée, et répandaient une lumière de *charbon brûlant à blanc* : ce furent ses expressions. Il m'apporta un de ces vers dans un pot de terre, et c'était bien un *Lombric*. Toutefois ce Lombric n'était pas phosphorescent; le cultivateur en était surpris, et je m'en étonnais moi-même, quand, en examinant avec soin ce pot rempli de terre, j'y découvris bientôt cinq à six petites *Scolopendres* à corps très étroit (1) qui jetaient une vive lueur phosphorique. Curieux d'observer ce phénomène plus en grand, je me transportai aussitôt sur les lieux; d'abord je vis des lueurs phosphoriques à la surface du sol; mais l'ayant fait bécher, j'assistai à un spectacle vraiment éblouissant: la terre remuée était comme arrosée de gouttelettes phosphoriques et dans certaines places le liquide semblait couler comme de petits filets d'eau; brisait-on des mottes, elles jetaient une vive lumière phosphorique, et si l'on écrasait des parcelles de terre dans la main elles y laissaient des traînées lumineuses qui ne disparaissaient qu'après 8, 10 et 20 secondes. Or il me fut très facile de constater que cette phosphorescence était uniquement due à de très petites *Scolopendres* et nullement aux vers de terre ou *Lombrics* qui cependant étaient très abondants dans ce terrain.

» Je suis resté long-temps sous l'impression de ce fait, et quand on m'a dit quelquefois avoir rencontré des *Lombrics terrestres* lumineux, j'ai cité mon observation et j'ai engagé les personnes qui m'assuraient avoir été témoins de ce phénomène très curieux, à s'assurer s'il n'y avait pas méprise, et si les Lombrics en question n'étaient pas plutôt des petites Scolopendres.

» Toutefois je m'empresse de dire à l'Académie qu'aujourd'hui, et seulement depuis la séance dernière, je ne conserve plus aucun doute sur la phosphorescence de certains *Lombrics* ou *vers de terre*. Évidemment ces annélides jouissent de cette propriété aussi bien que les Scolopendres; et ce qui me frappe, c'est que les Lombrics ont avec les Scolopendres ceci de commun qu'ils possèdent cette faculté de répandre une lueur phos-

---

(1) Ces Scolopendres appartenaient à l'espèce que Linné a désignée sous le nom d'*electrica*. Leach a créé, pour elle et pour quelques autres myriapodes, le genre Geophile, *Geophilus*. (*Transactions de la Société linnéenne de Londres*, tome XI.)

phorique plus prononcée, au moment de leur reproduction. C'est à M. Moquin-Tandon, professeur de botanique à la Faculté des Sciences de Toulouse, et zoologiste très distingué, que je dois les renseignements positifs qui ont établi ma conviction. J'en présenterai ici un court extrait.

» Un grand nombre de petits animaux phosphorescents s'étant présentés, il y a trois ans, dans une allée du jardin de M. de Puymaurin à Toulouse, et pendant une soirée très chaude de l'été, MM. Saget et Moquin-Tandon les examinèrent et reconnurent positivement qu'ils appartenaient au genre *Lombric*. Ils avaient une longueur de 40 à 50 millimètres environ.

» La lumière qu'ils donnaient paraissait blanchâtre et ressemblait beaucoup à celle du fer rougi au blanc. Quand on écrasait un de ces vers avec le pied, la phosphorescence s'étalait sur le sol; elle produisait même, à volonté, une longue traînée lumineuse, comme si l'on avait frotté le sol avec un morceau de phosphore.

» Chacun de ces Lombrics présentait un *clitellum* assez développé, ce qui prouve que les individus observés étaient adultes et au moment de s'accoupler.

» M. Moquin-Tandon recueillit quelques-uns de ces Lombrics, et les conserva vivants pendant plusieurs jours; il observa que leur propriété lumineuse résidait dans la substance du renflement sexuel, ou *clitellum*, dont je viens de parler, et que cette propriété cessait d'exister immédiatement après l'accouplement.

» Ce dernier fait est confirmé d'ailleurs par l'observation suivante, qui concerne un insecte bien connu de tout le monde, le *ver luisant, Lampyris noctiluca*.

» Dans une belle soirée d'été, votre honorable correspondant M. Bérard, à Montpellier, avait réuni chez lui plusieurs professeurs et naturalistes de ses amis. M. le docteur Lallemand, qui était du nombre, rendit les personnes présentes témoins d'un phénomène très curieux. Il prit dans sa main une femelle du *ver luisant* de l'espèce nommée *Lampyris noctiluca;* il allongea le bras en dehors de la porte du salon qui donnait sur un jardin: quelques instants s'étaient à peine écoulés, qu'un Lampyre mâle vint s'abattre sur la femelle, qui, comme on le sait, est *vermiforme*, et s'accoupla immédiatement avec elle; mais aussitôt l'acte accompli, la lumière de la femelle s'éteignit. Ce phénomène physiologique curieux a eu pour témoins des savants très distingués, MM. Bérard, Dugès, Dubreuil, Balard et Moquin-Tandon. »

PHYSIOLOGIE COMPARÉE. — *De l'origine et du mode de développement des zoospermes; par* M. LALLEMAND, professeur à Montpellier.

« Des recherches microscopiques sur la liqueur séminale de l'homme, entreprises dans un but purement médical, m'ont conduit peu à peu à d'autres analogues sur les mammifères, les oiseaux, les reptiles, les crustacés et surtout les mollusques. J'ai vu bientôt, avec autant de surprise que de satisfaction, ces observations, si différentes par leur caractère, s'éclairer réciproquement dans la plupart des cas et concorder toujours d'une manière remarquable; si bien que j'ai retrouvé à l'état normal chez les animaux ce que j'avais vu chez l'homme à l'état pathologique. L'étendue de ces travaux, les détails minutieux qu'ils comportent nécessairement, ne me permettent pas de les communiquer tout entiers à l'Académie, mais j'ai pensé que les résultats pourraient l'intéresser. Voici les plus curieux de ceux auxquels je suis arrivé.

» Les zoospermes sont sécrétés par le testicule et susceptibles, comme tous les produits de sécrétion, d'être modifiés par des maladies graves, et par toutes les causes de perturbation qui agissent profondément et pendant long-temps sur l'économie; ainsi les zoospermes diminuent en nombre, en volume, en densité, en vitalité suivant la gravité de l'affection, et même ils résistent plus ou moins à la décomposition putride; ils peuvent devenir très rares et même être remplacés par des corps piriformes ovoïdes, ou tout-à-fait sphériques, très mobiles quand on les examine à l'état vivant, et remarquables, après leur mort, par leur aspect brillant, par la régularité de leurs formes, etc. A l'époque de la puberté ces globules précèdent l'apparition des zoospermes complets, ils les remplacent dans la vieillesse, dans les cas pathologiques, etc., ce qui semble déjà indiquer que ce sont des sécrétions incomplètes, inachevées.

» On retrouve les mêmes phénomènes chez les animaux à l'état normal, à chaque période qui ramène la saison des amours. C'est surtout chez les oiseaux que ces phénomènes sont bien remarquables, parce que c'est chez eux que la différence est plus tranchée entre l'état de calme parfait et le plus haut degré de l'orgasme vénérien. Dans le repos, les testicules sont petits, flasques, pâles, secs; aux approches du rut ils se gonflent, s'injectent, mais ils ne contiennent d'abord qu'un fluide homogène et transparent; plus tard, la liqueur est grenue, il s'y manifeste des globules, puis des zoospermes immobiles, puis enfin des zoospermes complets et

pleins d'activité. Alors le testicule paraît enflammé tant il est rouge, tendu, injecté; il est quatre ou cinq fois plus volumineux qu'en hiver. Quand la saison des amours se passe les mêmes phénomènes disparaissent dans un ordre inverse. Ils se reproduisent à chaque période de rut, en répétant chaque fois ce qui ne s'observe chez l'homme qu'une fois dans le cours de sa vie, excepté sous l'influence de graves perturbations de l'économie.

» Les zoospermes sont plus nombreux dans les canaux sécréteurs des testicules que partout ailleurs, là ils sont presque à sec et entassés les uns contre les autres; le plus souvent par groupes, dont toutes les têtes sont dirigées vers l'épididyme et les queues vers la surface du testicule. C'est dans le canal déférent qu'ils se séparent et deviennent de plus en plus mobiles et parfaits. Le fluide fourni par ce canal, par les vésicules séminales, la prostate, les glandes de Cooper, etc., n'ont pas d'autre fonction que de favoriser leur dilution, leurs mouvements; les plus parfaits sont toujours ceux qui se trouvent les plus voisins de l'orifice excréteur; les plus mobiles, ceux qui vivent plus long-temps, sont ceux qui sont rendus pendant la copulation. On les trouve souvent immobiles dans les testicules d'individus encore vivants. Chez les mollusques ils meurent avant l'individu : c'est surtout remarquable dans les bivalves qui sont restés hors de l'eau pendant quelque temps, et qui ont encore assez de force pour tenir leurs valves fortement rapprochées; on trouve souvent les animalcules immobiles, tandis que la veille on les voyait vivants sur des individus de la même espèce qu'on tirait de l'eau.

» Il résulte de tous ces faits que l'opinion admise sur l'invariabilité des zoospermes n'est vraie qu'autant qu'il s'agit du *type parfait* de chaque espèce comparé au *type* d'une autre espèce, même très voisine. Mais, chez le même individu, ils peuvent éprouver de grandes modifications dans leurs formes, dans leurs dimensions, dans leur mobilité, dans leur résistance à la mort et à la décomposition, suivant l'état de l'individu, suivant la partie des organes spermatiques où ils se trouvent, suivant les époques du rut, ou l'influence des grandes perturbations de l'économie, et ces variations suffiraient déjà pour faire regarder les zoospermes comme des produits de sécrétion.

» Il répugne cependant à beaucoup de physiologistes très distingués d'admettre que des glandes puissent sécréter des corps vivants. Ce serait, selon eux, le seul exemple de cette nature qu'on pourrait citer dans l'économie: c'est une erreur complète. Les ovaires sécrètent des ovules qui sont des *corps vivants* bien avant la fécondation, qui se per-

fectionnent dans les oviductes après leur séparation de l'ovaire et s'y comportent exactement comme les zoospermes. Les ovaires sont les analogues des testicules à tel point que, dans les classes inférieures, il est impossible de les distinguer à la simple vue, tant ils se ressemblent pour le siége, pour la forme, pour l'aspect, la couleur, pour la disposition des oviductes et des canaux déférents : c'est même ce qui explique les nombreuses erreurs commises par les zoologistes et même par Cuvier dans la détermination des ovaires et des testicules, parce qu'ils n'ont pas employé le microscope pour en étudier les produits. C'est ainsi que le Dr Prévost a montré que les Moules n'étaient pas hermaphrodites, comme on l'avait cru; c'est ainsi que nous avons trouvé, M. Milne Edwards et moi, que les Cypris, les Patelles, etc., étaient dans le même cas; mais dans les Méduses la ressemblance est encore portée plus loin, puisque les *capsules spermatiques* qu'on extrait des testicules ressemblent aux ovules tirés de l'ovaire : ce n'est qu'en les faisant éclater par la pression qu'on voit sortir des uns de nombreux zoospermes très agiles et pourvus d'une longue queue, des autres des globules inégaux de matière grasse, qui enveloppaient la vésicule proligère. Il n'est donc pas possible de trouver une ressemblance plus grande entre les organes mâle et femelle, ainsi qu'entre leurs produits.

» Ici cependant se présente une objection. Chez quelques polypes agrégés on trouve des zoospermes entre les parois du corps et celles des organes digestifs, sans découvrir aucun organe sécréteur. Mais chez la femelle on rencontre, dans la même place, des ovules sans la moindre trace d'ovaires; ce qui maintient, comme on voit, l'analogie entre le mode de production des zoospermes et des ovules, même en l'absence des organes sécréteurs; mais cette observation remarquable appartenant à M. Milne Edwards, je ne puis que l'indiquer ici.

» Une objection plus spécieuse est celle qu'on pourrait tirer de l'existence, dans les classes inférieures, de *capsules* plus ou moins simples, plus ou moins compliquées, qui renferment une grande quantité de zoospermes, capsules que Wagner regarde comme les organes producteurs des animalcules et qui semblent, au premier abord, infirmer la loi générale. Toutefois cette exception n'est qu'apparente et vient au contraire confirmer la règle de la manière la plus frappante.

» Chez quelques oiseaux on voit chaque groupe de zoospermes enveloppé à moitié par un diaphragme creux, très mince et transparent, qui réunit toutes les têtes en un faisceau : ce qui provient probablement d'un temps de repos entre la sécrétion de chaque fascicule fourni par l'extré-

mité du tube, repos pendant lequel la matière provenant des parois a eu le temps de se condenser. Chez le Crabe on trouve, dans les canaux étroits qui représentent le testicule, des zoospermes libres; et dans la partie la plus large, qu'on peut regarder comme le canal déférent, on ne rencontre plus que des capsules à parois très minces, à travers lesquelles on aperçoit les zoospermes. Ils sont aussi simples dans les Méduses; mais, dans le Homard, la Langouste, etc., l'appareil est plus compliqué. Les plus remarquables sont ceux des Céphalopodes; il existe à l'intérieur une membrane spiroïde chez le Poulpe, composée de quatre compartiments distincts chez la Sèche. Or ces mollusques ont un canal déférent très long, contourné en spirale, et une glande très compliquée et comme charnue: ces deux parties distinctes du trajet spermatique sont enduites d'une matière visqueuse très abondante et excessivement gluante. Le testicule renferme des zoospermes libres, exactement semblables à ceux que contiennent les spermatophores, et l'on n'en trouve de libres que dans le testicule; ces circonstances, que j'ai déjà fait remarquer pour le Crabe, suffiraient seules pour empêcher d'admettre que les spermatophores sont les organes sécréteurs des animalcules; car il y aurait double emploi, sans nécessité, et anomalie inexplicable. J'ai fait une partie de ces recherches avec M. Milne Edwards.

» Comment donc se forment ces capsules spermatiques? Rien n'est plus simple: les animalcules arrivés dans le canal déférent, au lieu d'y rencontrer un fluide aqueux, qui opère leur dilution, y trouvent un fluide visqueux qui les enveloppe en masse et leur forme une poche simple quand l'appareil est simple, comme dans les Crabes, les Méduses, etc.; une enveloppe double quand l'appareil est composé de deux parties distinctes, comme dans les Céphalopodes.

» Les animalcules sont donc disséminés ou agglomérés, suivant que le liquide fourni par les organes accessoires est aqueux ou gluant.

» La viscosité de ces enveloppes leur donne une grande avidité pour l'eau, en sorte que ces capsules se remplissent rapidement. Celles qui sont simples se rompent comme les grains polliniques des graminées, qui n'ont qu'une seule membrane; les spermatophores qui ont deux enveloppes renversent en dehors leur boyau intérieur, par la réplétion de l'enveloppe extérieure, comme les grains polliniques qui ont deux membranes poussent un boyau plus ou moins long à travers la membrane externe, pour répandre leur pulviscule sur le stigmate: car les grains polliniques sont les spermatophores des végétaux, comme les anthères en sont les testicules, comme les

granules en sont les zoospermes. Il n'y a donc dans les mouvements de ces spermatophores des Céphalopodes rien qui dépende d'une contraction musculaire; c'est un pur phénomène d'endosmose qui tient à l'avidité de ces tissus pour l'eau, et ce qui le prouve, c'est qu'ils n'éclatent pas tant qu'ils restent à sec.

» Au reste, un phénomène exactement semblable s'observe aussi dans les organes accessoires de beaucoup de femelles. C'est ainsi que se forment les œufs composés des sangsues, des planaires, etc.; les ovules, descendus dans une dilatation de l'extrémité de l'oviducte, y sont enveloppés d'une matière visqueuse qui leur forme un cocon, dans lequel les ovules se trouvent entassés comme les animalcules dans les spermatophores; mais c'est surtout dans les Céphalopodes que la ressemblance est frappante, car les organes ont exactement le même aspect; les mêmes dispositions, et les ovules sont également enveloppés, dans la dernière partie de l'oviducte, par une membrane commune qui les retient sous forme de grappe, ce qui les a fait appeler, par les pêcheurs, raisins de mer. La formation de ces œufs composés explique donc celle des spermatophores et ajoute à la ressemblance des ovules avec les zoospermes. Mais ce n'est pas tout encore, le mode de développement des uns et des autres est exactement le même.

» Dans les testicules des Couleuvres, on ne rencontre que des corps *brillants, très mobiles,* semblables à ceux qu'on trouve chez les mulets, chez les hommes inféconds, au début de la puberté, du rut, etc.; dans l'épididyme ces corps s'allongent, deviennent piriformes; dans le canal déférent ils ont une queue et l'on reconnaît encore, au milieu de la tête, le *noyau* formé par le corps *brillant* observé dans le testicule : à la fin du canal déférent la queue est très longue, se contracte avec énergie et fait même plusieurs crochets à l'extrémité. Ici les organes étant très allongés, comme tous les viscères de ces animaux, les différents temps de la formation des zoospermes sont plus distincts que chez les autres animaux; mais on observe encore quelque chose d'analogue chez les lézards et même chez les oiseaux, etc. En incisant superficiellement le testicule, on voit ces globules *brillants* et *très mobiles,* mêlés à quelques animalcules imparfaits et immobiles, ou n'exécutant que des mouvements très lents; ces globules sont donc les rudiments des animalcules : c'est autour d'eux que se forme la tête, et c'est ce qui explique le *point brillant* que *tous* les micrographes ont signalé au milieu de cette tête, et qu'on voit dessiné dans toutes les planches bien faites comme une *lentille,* ou un *disque globuleux,* entourés d'un rebord transparent. Ce point primitif est au reste de l'ani-

malcule ce qu'est la vésicule proligère de Purkinje par rapport à l'ovule; c'est autour de ce point initial que se forme la tête, comme c'est autour de la vésicule proligère que se dépose le jaune; la queue se forme dans le reste du trajet, comme l'albumine et la membrane propre de l'ovule s'ajoutent au jaune dans l'oviducte. L'analogie est donc complète dans les plus petits détails, et l'anatomie comparée confirme de tous points les données de la pathologie. Enfin on voit par toutes ces observations pourquoi les zoospermes n'ont pas toujours la même forme dans la même espèce suivant les époques, etc.; pourquoi on rencontre dans le même testicule des êtres vivants d'un aspect bien différent; pourquoi on trouve des zoospermes tout-à-fait semblables, à l'état de liberté dans le testicule, ou emprisonnés dans des enveloppes plus ou moins compliquées, à la fin du canal déférent : difficultés graves dont on n'avait pas encore donné la solution, et qui concourent toutes à une unité remarquable quand on compare scrupuleusement ce qui se passe dans les organes analogues chez le mâle et chez la femelle, ou dans les organes mâle et femelle des espèces hermaphrodites.

» Dans un autre Mémoire j'ai examiné le rôle que jouent les zoospermes et les ovules dans l'acte de la fécondation, et le rapprochement n'est pas moins remarquable. Je communiquerai incessamment à l'Académie les principaux résultats de mes recherches à cet égard. »

CONSTRUCTIONS. — *Recherches sur les propriétés diverses que peuvent acquérir les pierres à ciments et à chaux hydrauliques par l'effet d'une incomplète cuisson; précédées d'observations sur les chaux anomales qui forment le passage des chaux éminemment hydrauliques aux ciments; par* M. N. VICAT. (Extrait.)

« L'objet principal de ce Mémoire est d'exposer quelques propriétés singulières des substances argilo-calcaires incomplétement cuites, et certains cas anomaux des chaux hydrauliques. On sait que les chaux hydrauliques deviennent des ciments (1) quand la proportion de l'argile s'y

(1) On appelait autrefois *ciment* la poudre de brique ou de tuileau. Ce nom lui est donné encore par quelques praticiens. Il en résulte des équivoques continuelles. La poudre de tuileau ne pouvant rien *cimenter*, rien *lier* par elle-même, ne saurait être un ciment : c'est une substance analogue à la pouzzolane, c'est une pouzzolane arti-

élève à un certain degré : eh bien! dans cette transition on remarque des composés qui sembleraient devoir participer des chaux éminemment hydrauliques et des ciments, et qui, en réalité pratique, ne sont ni l'un ni l'autre. Ces composés, que nous avons cru devoir désigner sous le nom de *chaux limites*, étant complétement cuits (c'est-à-dire entièrement dépouillés d'acide carbonique), et traités comme ciments, débutent absolument comme ceux-ci; mais la cohésion instantanément acquise se perd après quelques heures par l'effet d'une extinction tardive qui, au lieu de produire une chaux hydraulique, ne donne qu'une espèce de *caput mortuum* presque sans valeur.

» Les calcaires à chaux hydrauliques ordinaires ont aussi leurs singularités : ils peuvent devenir de bons ciments, ou donner des produits à peu près sans énergie, par l'effet de divers degrés de cuisson.

» On conçoit dans quelle confusion d'idées ces transformations contradictoires peuvent jeter le praticien qui cherche à se rendre compte de la valeur hydraulique des matières qu'il doit employer.

» Nous avions depuis long-temps pressenti qu'il deviendrait indispensable pour la technique de débrouiller ce dédale, et nous attendions de jour en jour qu'une main plus habile prît l'initiative. Mais la nécessité d'un tel travail s'est fait sentir tout d'un coup d'une manière si urgente, par suite des fâcheux mécomptes auxquels les difficultés dont il s'agit ont donné lieu sur divers travaux, que nous n'avons pas cru devoir hésiter davantage, bien que notre spécialité n'atteigne pas, tant s'en faut, aux hautes connaissances nécessaires pour traiter convenablement des questions qui se rattachent à ce qu'il y a de plus délicat dans la statique chimique.

» Le point important pour le moment était de tracer une route certaine, dans laquelle le simple praticien ne pût jamais s'égarer, et d'indiquer par quelques jalons les écueils des voies nouvelles essayées dans ces derniers temps. Les théories chimiques, même les plus exactes, ne sont pas un guide que chacun puisse prendre impunément; il n'est pas toujours facile de les interpréter comme elles devraient l'être, de faire la part des circonstances les plus insignifiantes en apparence, de réduire enfin à leur juste

---

ficielle. Il serait temps de renoncer aussi aux dénominations *ciments romains* et autres semblables qui non-seulement n'expliquent rien, mais donnent au contraire souvent les idées les plus fausses sur l'origine des matières auxquelles on les applique.

valeur, ou de restreindre dans des limites convenables les déductions qui en dérivent : ces vérités ressortiront avec évidence des faits nombreux exposés dans mon Mémoire; ici je me bornerai à présenter les conséquences auxquelles ces faits conduisent.

Conclusions.

» 1°. On rencontre sur la limite qui sépare les chaux hydrauliques des ciments, des espèces de chaux tenant moyennement 53 pour 100 d'argile, et qui, rebelles aux procédés ordinaires d'extinction, paraissent vouloir être traitées comme les ciments, et débutent en effet de la même manière; mais elles lâchent prise après quelque temps en obéissant à une extinction lente dont l'effet est d'anéantir en grande partie les propriétés hydrauliques de la combinaison.

» *Les chaux limites sont d'un emploi dangereux et doivent être proscrites dans tous les ateliers.*

» 2°. L'exacte imitation des chaux hydrauliques et éminemment hydrauliques par des mélanges de chaux grasses éteintes et de ciments est impossible; car ces mélanges descendent au rang des chaux faiblement hydrauliques, si l'on donne à leur manipulation plus de temps que n'en exigent les ciments eux-mêmes pour faire prise. Or les ciments faisant prise en quelques minutes, il est impossible en pratique de ne pas dépasser de beaucoup ce temps.

» *Donc, pour imiter les chaux hydrauliques naturelles, on doit s'en tenir au procédé connu, lequel est à la fois le plus simple et le plus direct.*

» 3°. Toute substance argilo-calcaire, capable de donner un *ciment* par une cuisson complète, donne encore un *ciment* par une cuisson incomplète, pourvu que le rapport de l'argile à la portion de chaux supposée libre dans l'incuit ne soit pas au-dessus de 273 pour 100, ou, en d'autres termes, pourvu qu'il y ait moins de 273 parties d'argile pour 100 de chaux supposée libre.

» *Or cette condition laisse une grande latitude pour la cuisson des ciments; il est évident que la surcalcination est seule à craindre, et encore faut-il qu'il y ait scorification commencée pour que toute énergie soit détruite.*

» 4°. Toute substance argilo-calcaire, capable de donner une chaux limite ou une chaux hydraulique par une cuisson complète, peut, par l'effet d'une cuisson incomplète, donner un *ciment* ou du moins un pro-

duit qui en a toutes les propriétés, pourvu que le rapport de l'argile à la portion de chaux supposée libre dans l'incuit ne soit pas au-dessous de 64 pour 100; car au-dessous de 64 ou tout au moins de 62 pour 100, non-seulement les incuits ne sont plus *ciments*, mais ils peuvent même descendre au rang des chaux les moins énergiques avec le grave inconvénient de l'*extinction lente*.

» Or comme on ne possède aucun moyen pratique de discerner de prime abord les incuits ciments de ceux qui ne le sont pas, et encore moins de régler la cuisson de manière à expulser uniformément, des fragments calcaires gros et petits, la quantité d'acide carbonique voulue, il en résulte qu'*en pulvérisant les incuits pour les incorporer indistinctement dans le mortier comme on a cru devoir le faire sur quelques travaux, on peut, au lieu d'améliorer ces mortiers, y introduire un véritable agent de destruction*.

» 5°. Toute fabrication de ciments avec des calcaires à *chaux limites* incomplétement cuits offrirait de graves inconvénients, car les parties qui, nonobstant toute précaution, atteindraient le terme de la cuisson complète ne pouvant être reconnues et rebutées par un triage, resteraient comme agent de destruction dans le ciment.

» 6°. Tout essai direct tendant à constater la qualité d'une chaux hydraulique, doit être précédé d'une expérience qui puisse elle-même constater la quantité d'acide carbonique contenue dans cette chaux; car si cet acide s'y trouve en proportion assez notable pour constituer un incuit *non-ciment*, l'essai indiquera comme mauvaise une chaux hydraulique qui, bien cuite, offrirait toute l'énergie desirable.

» Il est impossible de ne pas attribuer à la présence des chaux limites ou des mauvais incuits dans les mortiers, la dégradation des rejointoiements, la chute et l'efflorescence des enduits, les poussées et tous les autres accidents qu'on ne remarque jamais quand on emploie des chaux hydrauliques bien franches, bien éteintes et bien purgées d'incuits ou de tout ce qui y ressemble. Nous considérons l'introduction fortuite ou calculée des mêmes matières dans les ciments comme l'unique cause de l'exfoliation et de la pulvérulence à laquelle ils sont quelquefois sujets. Toutes nos assertions seront faciles à vérifier: nous ne demandons point qu'on les adopte sans examen, nous desirons seulement que dans le doute on veuille s'abstenir, et en attendant la vérité se fera jour.

» Les anciens, dont l'expérience doit être comptée pour quelque chose, ne se bornaient pas à rejeter les *incuits* ou *pigeons*, ils voulaient encore que

la chaux destinée à la construction des revêtements eût plus d'une année d'extinction. Ils avaient donc remarqué, même dans les chaux grasses, des parcelles paresseuses dont le foisonnement s'opère très lentement (1).

» Nous dirons en passant que les ciments provenant d'incuits s'éventent et se détériorent absolument dans les mêmes circonstances que les ciments ordinaires. L'histoire de ces derniers est du reste en tous points applicable aux premiers en ce qui touche la conservation, le mode d'emploi, etc.

» L'appréciation des qualités de la chaux hydraulique ou du ciment que peut fournir une substance calcaire donnée, peut se faire par l'analyse chimique avec plus de célérité et plus exactement peut-être que par les moyens directs. Mais pour cela on devra abandonner la méthode ordinaire, qui consiste à séparer l'argile du carbonate par un acide et à l'attaquer par la potasse; car on réduirait alors en silice gélatineuse des parties quarzeuses qui ne sont pas susceptibles d'entrer en combinaison. Il faudra convertir immédiatement en chaux ou ciment quelques grammes de la matière, préalablement réduite en poudre très fine; s'assurer qu'il ne reste plus d'acide carbonique, et dissoudre le tout dans un excès d'acide hydrochlorique. Le résidu non attaqué, s'il y en a un, donnera la quantité de silice ou d'argile non combinée et ne pouvant conséquemment concourir que faiblement à l'hydraulicité de la chaux ou du ciment. Le reste de l'analyse s'effectuera comme à l'ordinaire. »

Communication de M. **Becquerel.**

« J'ai l'honneur de présenter à l'Académie le septième et dernier volume de mon *Traité expérimental de l'Électricité et du Magnétisme*. Ce volume traite du magnétisme terrestre. Je me suis attaché à présenter un tableau aussi complet que possible de l'état actuel de nos connaissances sur cette branche de la physique générale, en essayant de coordonner les faits de manière à faire ressortir les rapports qui existent entre eux et les phénomènes électriques et en les exposant sans esprit de parti, sans prévention

(1) L'invention de la roue à manége, pour la confection des mortiers, favorise l'introduction des incuits, parce qu'il sont écrasés et disséminés ainsi dans la masse de l'alliage. L'emploi du rabot ne se prêtait point à ce mélange. Il n'est pas de bien sans compensation.

contre telle ou telle méthode d'observation, contre telle ou telle vue théorique.

» Dans les traités élémentaires de physique, on s'est borné à décrire les appareils magnétiques, en indiquant leur usage, à l'aide de figures faites sur une trop petite échelle, pour que les artistes en pussent connaître suffisamment tous les détails pour en construire de semblables; j'ai donc cru devoir joindre à l'ouvrage des dessins exécutés sur une grande échelle en les accompagnant des détails nécessaires pour faire connaître le mécanisme de toutes les parties des appareils. Je ne me suis pas borné à décrire ceux-ci avec de grands développements, j'ai donné encore pour chacun d'eux, et afin qu'on en pût bien connaître l'usage, un exemple d'observation pour éviter à l'expérimentateur toute difficulté de détail. J'ai donné deux tableaux des meilleures observations faites jusqu'à ce jour des déclinaisons de l'aiguille aimantée et des intensités magnétiques pour différents lieux de la terre. Dans l'ouvrage que termine le volume que j'ai l'honneur de présenter à l'Académie, je me suis attaché à faire connaître tout ce qui concerne l'électricité et le magnétisme, formant ensemble une des branches les plus importantes de la philosophie naturelle, en raison de leurs applications à la chimie et aux phénomènes naturels. Je n'ai rejeté aucun fait par esprit de système, ayant toujours présent à ma pensée cet adage: *les théories passent et les faits restent;* maxime que l'expérimentateur ne doit jamais perdre de vue, s'il veut que ses efforts contribuent à l'avancement de la physique.

» J'ai cherché aussi à montrer l'alliance de plus en plus intime qui existe entre la physique et la chimie, en prenant pour lien commun l'électricité, qui joue un si grand rôle dans les phénomènes chimiques et particulièrement dans les actions lentes, dont on s'occupait peu jadis. Dans les réactions chimiques il se dégage une quantité considérable d'électricité dont on ne tenait aucun compte: on se privait donc par là d'une puissance énorme, d'un moyen d'action susceptible des plus grandes applications, même aux arts. C'est sur ce point que je n'ai cessé d'appeler l'attention des physiciens, depuis plusieurs années, convaincu que je suis de l'action toute-puissante que cet agent exerce dans la nature. »

RAPPORTS.

ARCHITECTURE HYDRAULIQUE. — *Rapport sur un Mémoire de* M. **Poirel**, *ayant pour objet* la description d'un mode de fondation à la mer pour les jetées des ports.

(Commissaires, MM. Ch. Dupin, Cauchy, Poncelet, Liouville, Coriolis rapporteur.)

« L'Académie nous a chargés, MM. Dupin, Cauchy, Poncelet, Liouville et moi, de lui faire un rapport sur un Mémoire de M. Poirel, ingénieur, ayant pour objet la description d'un mode de fondation à la mer pour les jetées des ports.

» M. Poirel décrit dans son Mémoire les ouvrages qu'il a exécutés au port d'Alger, de 1833 à 1840; il expose un nouveau système de fondation qui consiste dans l'emploi de blocs de béton d'une grande dimension : il indique les modifications qu'il faudrait faire subir à ce système pour le rendre applicable aux cas que l'on peut rencontrer le plus généralement dans la pratique : il termine en donnant les prix de tous les ouvrages qui entrent dans son système de construction. Indépendamment de l'intérêt particulier que ce travail offre aux ingénieurs attachés au service des ports, il renferme sur le béton en général, sur sa confection et son emploi dans les travaux hydrauliques, des renseignements utiles pour tous les constructeurs.

» Le système généralement employé de nos jours pour la construction des jetées à la mer, est celui qu'on connaît sous le nom de *jetées à pierres perdues*. Il était pratiqué chez les Romains, ainsi qu'on le voit par les restes du port de Civita-Vecchia. Les matériaux qui entrent dans la composition de ces anciennes jetées ont des dimensions qui varient généralement de $0^m,20$ cube jusqu'à 2 et 3 mètres cubes : sous ce volume ils sont remués par la mer; leur déplacement devient plus rare et cesse presque entièrement lorsqu'ils ont pris un talus assez étendu par la base. Mais outre qu'on peut contester que ce talus arrive jamais à une stabilité parfaite, et qu'il n'y ait pas toujours quelque dérangement par les mouvements les plus violents des vagues, ces jetées à talus d'une base très large ont l'inconvénient de rétrécir considérablement les passes et l'enceinte même des ports qu'on veut créer. Il serait donc extrêmement avantageux

de n'employer dans ces constructions que des blocs d'une dimension telle, qu'ils ne pussent dans aucun cas être remués par les vagues. Cela est toujours possible, puisque l'action est proportionnelle à la surface choquée, tandis que la résistance du bloc croît comme son cube. M. Poirel a reconnu qu'à Alger un volume de 10 mètres cubes était nécessaire pour que le bloc fût immuable. Il ne pouvait pas songer pour des masses pareilles, à les tirer des carrières, en raison des difficultés d'extraction et de transport. Il ne lui restait donc d'autre parti à prendre que de les fabriquer artificiellement, et c'est ainsi qu'il s'est trouvé conduit à l'usage des blocs de béton.

» Ces blocs sont faits de deux manières différentes : les uns se construisent dans l'eau sur la place même qu'ils doivent occuper, les autres sont fabriqués à terre pour être ensuite lancés à la mer.

» Les premiers se font en immergeant du béton dans des caisses échouées sur l'emplacement des blocs. Ces caisses sont de grands sacs en toile goudronnée, dont les parois sont fortifiées par quatre panneaux en charpente, sur lesquels la toile est étendue et fixée. La masse de béton qui la remplit peut donc se mouler parfaitement sur le terrain, et se lier avec lui par les aspérités mêmes qu'il présente.

» La seconde espèce de blocs, qui se fait à terre, est fabriquée dans des caisses sans fond, formées de quatre panneaux à assemblage mobile. Cinq à six jours après le remplissage, on enlève ces panneaux qui servent pour un autre bloc. Le béton ainsi mis à nu a acquis, au bout d'un mois ou deux au plus, suivant la saison, une consistance suffisante pour que le bloc puisse être lancé à la mer.

» M. Poirel prépare ses blocs sur des chariots qui roulent sur des chemins de fer. Il emploie deux modes d'immersion : le premier, en faisant poser le bloc sur deux planches suifées, et en donnant au chariot une légère inclinaison qui suffit pour que le bloc glisse par son propre poids. Dans le second mode d'immersion, le bloc, placé sur une cale inclinée, est d'abord descendu dans l'eau jusqu'à ce qu'il plonge de un mètre à l'avant; dans cette position, il est saisi par un flotteur formé de deux tonnes, qui le transportent en le maintenant sur l'eau.

» Les Romains, ainsi qu'on le voit par le Traité de Vitruve et par ce qui nous reste de quelques-uns de leurs ouvrages, avaient déjà exécuté des fondations en béton à la mer. M. le colonel Emy, dans une publication récente qui a paru en 1831, avait fait ressortir tous les inconvénients du

système des pierres perdues, et avait proposé d'employer aussi le béton ; mais il n'indiquait que des masses jointives, ayant un profil déterminé.

» M. Poirel est le premier qui ait employé les blocs de béton à la mer, à l'instar des blocs naturels dans les jetées à pierres perdues, et qui ait exposé des méthodes pratiques pour ce genre de construction, en s'appuyant sur l'expérience des grands travaux. Ceux qu'il a exécutés au port d'Alger ont subi victorieusement l'épreuve des plus grosses mers : les rapports officiels des divers ingénieurs chargés d'inspecter ses travaux ne laissent aucun doute à cet égard.

» Vos Commissaires pensent que le travail soumis à leur examen a beaucoup d'intérêt pour l'art des travaux hydrauliques à la mer, et que son auteur mérite les encouragements de l'Académie. »

Les conclusions de ce Rapport sont adoptées.

MÉMOIRES LUS.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches sur la composition chimique du cerveau de l'homme ; par* M. E. FREMY. (Extrait par l'auteur.)

(Commissaires, MM. Magendie, Chevreul, Dumas, Pelouze.)

« L'étendue de mes recherches m'a forcé à diviser mon travail en deux parties. Dans la première, je donne la composition et la nature des différentes matières grasses que l'on peut extraire du cerveau, en exposant les procédés que j'ai suivis pour les purifier. Comme cette première partie est fondamentale, que c'est sur elle que je m'appuierai pour établir la composition du cerveau chez les animaux, ou pour reconnaître les altérations qu'il éprouve dans les maladies, j'ai voulu la soumettre en premier lieu au jugement de l'Académie.

» Je commence, dans mon Mémoire, par rappeler les travaux qui ont été publiés sur le cerveau, et, arrivant à l'examen du Mémoire que M. Couerbe a publié sur ce sujet, j'essaie de démontrer l'impureté des corps que ce chimiste considère comme des produits immédiats.

» Après cette discussion, dans laquelle je reconnais du reste que c'est à M. Couerbe que l'on doit la découverte importante de la cholestérine dans le cerveau, je passe à l'exposé des différents procédés que j'ai employés pour retirer les matières grasses du cerveau, pour les purifier et pour en déterminer les proportions.

» Il résulte de mes analyses que le cerveau de l'homme est formé d'une quantité considérable d'eau et de matière insoluble dans l'éther, que je désigne sous le nom de matière albumineuse. La partie soluble dans l'éther est formée principalement par trois matières :

» 1°. Par la matière blanche, découverte par Vauquelin, à laquelle j'ai reconnu des propriétés acides bien tranchées, et que je nomme *acide cérébrique;*

» 2°. Par une matière grasse liquide, qui a la composition et toutes les propriétés de l'oléine de graisse humaine, analysée par M. Chevreul;

» 3°. Par de la cholestérine.

» On trouve en outre dans le cerveau des quantités très faibles et variables d'acide oléique, d'acide margarique, de cérébrate de soude et de matière albumineuse.

» Pour arriver à ce résultat, j'ai employé différents procédés d'analyse que je donne dans mon Mémoire : je présenterai ici celui qui me paraît le plus simple.

» Je commence par couper le cerveau en petites parties, je le fais bouillir à plusieurs reprises dans de l'alcool, et je le laisse séjourner pendant quelques jours dans le liquide.

» Cette opération a pour objet d'enlever l'eau contenue dans le cerveau et de coaguler l'albumine. La masse cérébrale a perdu alors son élasticité et peut être soumise à la presse : les liqueurs alcooliques ne retiennent que des traces d'acide cérébrique, que l'on retire par la filtration.

» On épuise alors le cerveau par l'éther bouillant; les liqueurs éthérées sont réunies et évaporées. Le résidu de l'évaporation est traité par l'alcool bouillant absolu qui enlève l'oléine, l'acide cérébrique, la cholestérine et les acides oléique et margarique : la matière albumineuse et le cérébrate de soude ne se dissolvent pas. Par le refroidissement de la liqueur, la cholestérine et l'acide cérébrique se déposent : on sépare ces deux matières par l'éther froid, qui dissout très bien la cholestérine et laisse l'acide cérébrique. L'alcool froid retient en dissolution l'oléine et les acides oléique et margarique : on évapore cet alcool en le rendant légèrement alcalin par de l'ammoniaque; il arrive un moment de l'évaporation où l'oléine se dépose : l'oléate et le margarate d'ammoniaque restent, au contraire, en dissolution.

» Quant à la partie insoluble dans l'alcool, qui est formée par de l'albumine et du cérébrate de soude, on la fait bouillir avec de l'alcool contenant un peu d'acide chlorhydrique qui décompose le cérébrate de soude;

l'acide cérébrique mis à nu se dissout très facilement dans l'alcool. Il reste alors une matière colorée, de nature albumineuse, qui contient du soufre et jamais de phosphore.

» Après avoir établi de cette manière la composition des matières grasses du cerveau, j'ai préparé, par le procédé de M. Couerbe, les corps qu'il considère comme des substances pures, et je me suis attaché à en démontrer l'impureté par des expériences directes. C'est ainsi que j'ai reconnu que le corps qu'il a nommé *éléencéphol* n'est autre chose qu'un mélange d'oléine et de cérébrate de soude : je le prouve d'abord en traitant ce corps par une dissolution alcoolique de potasse, qui saponifie l'oléine, la transforme en acide oléique, et qui laisse précipiter du cérébrate alcalin. J'ai fait même à cette occasion une expérience qui me paraît décisive : je me suis procuré un échantillon d'éléencéphol préparé par M. Couerbe lui-même, et que je dois à l'obligeance de M. Guérin; je l'ai traité par l'alcool absolu, qui a dissous l'oléine et qui a laissé précipiter une matière visqueuse qui n'était autre chose que du cérébrate de soude.

» Je suis arrivé, par une méthode semblable, à reconnaître que la *céphalote* de M. Couerbe était un mélange d'oléine, de cérébrate de soude, et de traces d'albumine. Enfin, pour sa *stéaroconote,* je me suis assuré qu'elle était formée par un mélange d'albumine et de cérébrate de soude, en faisant bouillir cette matière avec de l'alcool acidulé par l'acide chlorhydrique, qui enlève l'acide cérébrique et laisse la matière albumineuse.

» En analysant des cerveaux dans différents états et à différents âges, j'ai reconnu que la quantité d'acide gras libre que contenait le cerveau était variable, et que souvent même elle augmentait lorsqu'on laissait séjourner pendant quelque temps les matières grasses dans un flacon fermé. J'ai trouvé l'explication de ce phénomène curieux, en profitant des observations que M. Chevreul a faites sur le gras de cadavre, et du Mémoire que MM. Pelouze et S. Boudet ont publié sur la saponification spontanée de l'huile de palme.

» J'ai vu que c'était la matière albumineuse du cerveau qui avait la propriété de transformer à la longue l'oléine en acide oléique.

» J'ai voulu reconnaître enfin quelle était la partie du cerveau qui contenait le plus de matière grasse, et l'analyse m'a démontré que tous les corps gras se trouvaient dans la matière blanche du cerveau, et que la matière grise n'en contenait que des traces. Lorsque par l'éther on a enlevé à la matière blanche les corps gras qu'elle contient, on obtient une masse

qui ressemble en tous points à la matière grise. Si donc on voulait représenter au point de vue chimique l'anatomie du cerveau, on dirait que la partie qui forme en quelque sorte la charpente du cerveau est primitivement grise, et que c'est la matière grasse qui, en venant s'infiltrer et se répandre dans l'intérieur de la matière grise, forme ces zones blanches qui constituent la partie blanche du cerveau.

» Mon intention n'est pas, du reste, d'aborder la question physiologique; mais M. Magendie, qui a bien voulu me fournir les matériaux anatomiques nécessaires pour mon travail, m'a promis de s'occuper des questions qui pourraient présenter de l'intérêt sous le point de vue physiologique, lorsque mes documents chimiques seraient complets. »

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

PHYSIQUE GÉNÉRALE. — *Mémoire sur l'état physique des corps, sur l'état de combinaison chimique, sur la théorie physique de la chaleur; par* M. DE TESSAN.

(Commission nommée pour un précédent Mémoire du même auteur.)

PHYSIQUE — *Recherches sur la nature de la lumière, sur le sens de la vue, le spectre solaire, etc.; par* M. BRENTA.

(Commissaires, MM. Pouillet, Babinet.)

Cet ouvrage est transmis par M. *Libri*, qui, obligé de faire un voyage en Italie, charge M. le Secrétaire perpétuel d'exprimer à l'Académie le regret qu'il éprouve de se trouver éloigné, pour quelque temps, de ses séances.

PHYSIOLOGIE ANIMALE. — *Fonctions des racines des nerfs.*

M. LONGET avait adressé l'année dernière, à l'Académie, une réclamation de priorité, relativement à une expérience concernant les propriétés des racines antérieures et postérieures des nerfs rachidiens. La conséquence qu'il déduisait de l'expérience en question était celle-ci : que la racine antérieure ou motrice de chacun de ces nerfs était douée, à un certain degré, de la faculté de sentir, et qu'elle devait cette faculté non à ses relations avec le faisceau antéro-latéral de la moelle mais à celles qu'elle a, au niveau du ganglion spinal, avec la racine postérieure correspondante. Pour que ce résultat fût une conséquence nécessaire de l'expérience, il fallait être bien certain d'avoir garanti complétement les racines postérieures de toute excitation directe; or c'est sur ce point que M. Longet a été conduit à

concevoir des doutes, et dès-lors, il a cru devoir faire de nouveaux essais sur les deux ordres de racines en prenant toutes les précautions pour que ces racines fussent complétement isolées.

« 17 chiens, dit M. Longet, furent mis en expérience; sur chacun d'eux j'expérimentai sur les racines de 10 nerfs rachidiens, ce qui équivaut à 170 répétitions de la même expérience, et constamment les racines antérieures et les faisceaux correspondants de la moelle ont été insensibles aux irritations mécaniques de toutes sortes, tandis que les racines postérieures et les faisceaux médullaires postérieurs s'y sont toujours montrés extrêmement sensibles.

» En appliquant alternativement les deux pôles d'une pile de vingt couples aux deux sortes de racines, mises dans les mêmes conditions, je suscitai les convulsions les plus violentes en agissant sur les racines antérieures; tandis que jamais il ne se manifesta même la moindre trace de convulsions en expérimentant sur les racines postérieures. Il n'est peut-être pas sans intérêt de noter que, dans toutes mes expériences, je pris la précaution d'isoler les deux ordres de racines, à l'aide d'une lame de verre.

» Qu'on emploie donc les irritations mécaniques ou galvaniques, les phénomènes ont ici une telle constance, ils sont si évidents et si tranchés, qu'il n'est plus permis de douter que les racines antérieures ne soient *exclusivement* motrices, et les postérieures *exclusivement* sensoriales.

» Je prie l'Académie de vouloir bien me désigner une Commission devant laquelle je répéterai ces expériences. »

(Commissaires, MM. Magendie, de Blainville, Flourens et Breschet.)

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Description d'une nouvelle locomotive; par* M. MAUBLANC.

(Commissaires, MM. Coriolis, Piobert, Séguier.)

M. PASSOT adresse une Note sur une *pompe hydraulique rotative.*

Cette Note est renvoyée à l'examen de la Commission déjà nommée pour plusieurs autres communications de M. *Passot,* avec invitation de hâter le rapport demandé par l'auteur.

M. COULIER adresse une Note relative à l'emploi de l'*appareil de Marsh.*

Renvoi à la Commission chargée d'examiner plusieurs communications précédentes sur le même sujet.

CORRESPONDANCE.

ASTRONOMIE. — *Nouvelle comète.*

M. **Arago** communique une Lettre de M. Schumacher relative à la comète que M. *Bremicker* a découverte, à Berlin, le 27 octobre 1840. La Lettre renferme deux positions du nouvel astre obtenues à l'Observatoire de Berlin par M. *Galle.*

Le 28 octobre à $10^h 17^m 46^s$, temps moyen de Berlin, la comète était par

280° 16′ 37″,7 d'ascension droite, et par 60° 55′ 34″,8 de déclinaison boréale.

Le 28 M. Galle trouva à $8^h 25^m 11^s$ de temps moyen,

Ascension droite, 281° 21′ 42″,4; 60° 56′ 5″,8 de déclinaison.

Le 6 novembre, à $9^h 8^m 56^s$, temps moyen de Paris, MM. *Eug. Bouvard* et *Laugier* ont trouvé à l'Observatoire :

Ascension droite, 293° 57′ 50″ ; déclinaison, 61° 38′ 32″.

PHYSIQUE APPLIQUÉE. — *Galvanographie.*

M. **Brongniart** met sous les yeux de l'Académie des épreuves de gravures imitant le lavis, qui ont été obtenues, au moyen de procédés électrotypiques, par M. *Kobell,* professeur de minéralogie, à Munich, et d'autres épreuves obtenues de la même manière, par M. *Boquillon,* qui donne, dans les termes suivants, la description du procédé :

« Sur une plaque bien polie en cuivre ou en argent (ce dernier métal est préférable), M. Kobell exécute au pinceau le sujet dont il veut obtenir la planche gravée. La couleur dont il se sert est de l'oxide de fer broyé avec de l'essence de térébenthine mêlée d'une certaine quantité de cette même essence épaissie par le temps. Il y ajoute quelquefois, mais sans y attacher d'importance, du formiate d'argent qui donne une faible conductibilité à la couleur. Enfin il peut substituer à l'oxide de fer du noir minéral, etc.

» On voit que cette peinture est monochrome, et que la diversité des teintes n'est produite que par les épaisseurs différentes de la couleur appliquée sur la plaque d'argent; de sorte que les lumières sont données par

la surface métallique, et les demi-teintes et les ombres par l'épaisseur plus ou moins grande de la couleur.

» Sur cuivre, M. Kobell emploie quelquefois une dissolution de sulfure de potasse pour obtenir des dessins à la plume, dont les traits doivent être lavés avant leur entière dessiccation.

» Lorsque la peinture est bien sèche et bien adhérente à la plaque, M. Kobell dispose celle-ci dans un appareil électro-typique, pour y recevoir le dépôt de cuivre qui se fait immédiatement sur les parties non recouvertes par la peinture, plus tard sur celles qui ne sont recouvertes que d'une couche mince, et plus tard encore sur celles dont l'épaisseur est plus grande, en raison du défaut de conductibilité du vernis qui s'oppose d'autant plus long-temps au dépôt du cuivre qu'il a été appliqué en couches plus épaisses.

» Pour accélérer l'opération, M. Kobell n'attend pas que les plus fortes épaisseurs soient recouvertes; il retire la plaque de l'appareil, et, après l'avoir séchée convenablement, il applique une couche de graphite sur les parties non recouvertes et recommence l'opération. Bientôt la surface tout entière est recouverte, et il ne s'agit plus que de prolonger l'opération jusqu'au moment où le dépôt a acquis l'épaisseur nécessaire pour supporter l'action de la presse en taille-douce.

» Il sépare alors le dépôt de la plaque d'argent et débarrasse le premier de la peinture qui peut y rester adhérente, au moyen d'un lavage à l'éther.

» On a alors, en creux, une contre-épreuve fidèle de la peinture exécutée en relief sur la plaque d'argent; et l'on conçoit que si, par les procédés ordinaires de l'impression en taille-douce, on tire une épreuve de cette planche, la couleur déposée sur le papier aura les épaisseurs de la peinture primitive et en sera la reproduction fidèle, si, ce que M. Kobell n'indique pas dans sa Note, cette couleur est suffisamment transparente pour laisser voir le papier sous les demi-teintes. »

VOYAGES SCIENTIFIQUES. — *Monuments des anciens Péruviens; particularités de la langue des Chunchos.* — Extrait d'une Lettre de M. GAY.

M. *B. Delessert* transmet une lettre de M. Gay, datée de Cusco, 9 janvier 1840, et relative à quelques observations que ce voyageur a faites, soit dans le Pérou, soit dans les plaines situées à l'orient de la Cordilière.

La ville de Cusco a offert au voyageur des monuments remarquables

élevés par les anciens Péruviens, monuments qui subsistent malgré le vandalisme religieux des conquérants espagnols, malgré l'action destructive des agents atmosphériques, et dont on ne peut prévoir la ruine dans les temps à venir que comme l'effet de quelque convulsion violente du sol.

« L'indestructibilité de ces monuments, dit M. Gay, résulte de la forme et de la dimension de leurs matériaux: ce ne sont point des pierres, ni même des roches, mais de véritables rochers entassés les uns sur les autres, et tellement bien superposés et unis, qu'il serait difficile de passer la plus mince aiguille dans leur plan de jonction. Lorsqu'on pense que ces Indiens n'avaient ni leviers, ni machines, qu'ils ne connaissaient point l'usage du fer, et encore moins celui du mastic ou de tout autre ciment, on ne peut qu'être surpris de la haute perfection de tant de travaux, et en si grand nombre; car la ville de Cusco n'est pas la seule qui donne prise à cette espèce d'investigation; des vallées à une assez grande distance en fourmillent, et les monuments de Hollaytaytambo sont encore plus surprenants que ceux de Cusco; et cependant aucun auteur n'en a encore parlé, pas même le judicieux et naïf Garcilasso. Dans ce dernier lieu, où la cupidité espagnole n'a pas autant pénétré, on voit encore un grand nombre de maisons presque intactes et situées toutes dans les endroits les plus escarpés, au bord des précipices les plus effrayants.

» Après ces visites, où j'avais été entraîné plutôt par un esprit de curiosité que par tout autre motif, je franchissais les dernières Cordilières qui séparent le Pérou des vastes plaines qu'arrosent le Béni, l'Amazone, etc., et je poursuivais mes recherches d'histoire naturelle jusque dans les tribus si barbares des Paucartambinos, Chahuaris, etc., collectivement surnommés les *Chunchos*. Je m'embarquais aussi sur le Rio de Chahuaris qui, plus bas, prend le nom de Rivière des Amazones; et tout en visitant ces Indiens et leurs cahutes, j'avais soin de former des dictionnaires de leur langue totalement inconnue, même aux Espagnols qui habitent les frontières de cette république. Aussi n'ai-je pu jamais me procurer un interprète, ce qui eût considérablement facilité ce genre de recherches, et me suis-je vu forcé de laisser ce travail tout-à-fait incomplet, et cependant extrêmement curieux. Ainsi les langues de toutes ces tribus, alors même qu'elles sont entièrement distinctes les unes des autres, offrent cette singularité, que tous les mots des parties du corps commencent par une même syllabe: et si une tribu se sépare en deux, gouvernées chacune par un chef distinct, une d'elles change cette première syllabe par une autre qu'elle conserve pour tous les autres mots de ces parties du corps: cette syllabe,

comme vous voyez, est en quelque sorte l'armoirie de la tribu; c'est elle qui désigne leur nation, leur tribu, peut-être même leur famille. La manière de compter des Chunchos est extrêmement imparfaite, et tellement peu avancée, qu'ils ne peuvent compter que jusqu'à trois, n'ayant d'autre expression pour le nombre quatre que *beaucoup*. Je ne doute point qu'un bon philologue, qui viendrait étudier les langues de ces Indiens avant que le commerce et le contact des blancs ne parviennent à les modifier et à les dénaturaliser, n'y trouvât des éléments fort intéressants sur la filiation, et par suite sur l'origine de ces peuplades, qui, à plus d'un égard, méritent une place distinguée dans l'histoire de l'espèce humaine.

» Dans toutes ces courses, dans tous ces voyages, je me suis spécialement occupé des sciences qui m'ont attiré plus particulièrement dans ces lointaines et sauvages contrées, c'est-à-dire que j'ai pu déterminer la position des principales villes et villages, que j'ai réunis aux positions secondaires par des relèvements à la boussole. J'ai recueilli aussi un grand nombre d'observations barométriques pour connaître la hauteur des principales vallées et des pics les plus remarquables; et au moyen de ma belle collection de boussoles, j'ai pu déterminer l'inclinaison, la déclinaison et l'intensité magnétiques : ce dernier phénomène aura ce double avantage que les observations ont été faites à des hauteurs considérables. Mes collections botaniques, entomologiques, etc., se sont considérablement accrues, et ma belle suite de roches donnera une idée assez exacte de ce terrain de calcaire secondaire singulièrement disloqué par la sortie des terrains d'épanchement. »

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Nouvelles expériences sur les changements que subit l'atmosphère pendant le développement de la température élevée dans le spadice d'une* Colocasia odora (1), *faites dans le jardin botanique d'Amsterdam; par* MM. **Vrolick** *et* **de Vrièse**.

Dans ces expériences, afin que les parties vertes de la plante ne pussent exercer aucune influence sur la composition de l'air ambiant, on avait eu le soin, avant d'introduire le spadice dans le cylindre destiné à retenir les produits gazeux, de retrancher la plus grande partie de la spathe et de recouvrir

(1) MM. Vrolick et de Vrièse annoncent avoir constaté l'identité du *Colocasia odora* et de l'*Arum cordifolium*.

ce qui en restait par un vernis. Quoique les expériences n'eussent pas pour but la mesure de la chaleur propre du spadice, le température fut notée comme à l'ordinaire. Le second jour, même à midi, la température de l'organe était à peine supérieure à celle de l'air extérieur. L'air contenu dans le cylindre ne contenait plus d'oxigène libre; ce gaz avait été complétement remplacé par de l'acide carbonique. C'est à la présence de cet acide et à l'absence d'oxigène que MM. Vrolick et de Vriese attribuent le peu d'élévation de la température dans les expériences faites en vase clos pour recueillir les produits gazeux.

M. **Michel Bénédict** demande à retirer un Mémoire qu'il avait précédemment adressé pour le concours au prix concernant les morts apparentes.

Le rapport n'ayant pas été fait sur les pièces adressées pour ce concours, dont l'époque a été prorogée, l'auteur est autorisé à retirer son manuscrit.

M. **de Mortillet** adresse un paquet cacheté portant pour suscription: *Sur la cristallisation, les nodules et minéraux disséminés*, etc.

M. **Lataste** adresse deux paquets cachetés.

Le dépôt de ces trois paquets est accepté.

La séance est levée à 5 heures. F.

Errata. (Séance du 2 novembre.)

Page 678, Mémoire de M. *Melloni*, après le titre, *supprimez ces mots :* Commission précédemment nommée. Les Mémoires des Correspondants ne sont renvoyés à des Commissaires que sur la demande de leurs auteurs, et M. Melloni n'en avait pas demandé.

Page 696, ligne 14, après le titre du Mémoire de M. Leverrier, *ajoutez :* (Commissaires, MM. Bouvard, Cauchy, Liouville.)

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

L'Académie a reçu dans cette séance les ouvrages dont voici les titres :

Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie royale des Sciences; 2e semestre 1840, n° 18, in-4°.

Annales de Chimie et de Physique; par MM. GAY-LUSSAC, ARAGO, CHEVREUL, SAVARY, DUMAS, PELOUZE, BOUSSINGAULT et REGNAULT; sept. 1840; in-8°.

Traité expérimental de l'Électricité et du Magnétisme, et de leurs rapports avec les phénomènes naturels; par M. BECQUEREL; tome 6, 2e partie formant le tome 7e et dernier du *Magnétisme terrestre;* 1840, in-8°.

Annales maritimes et coloniales; par MM. BAJOT et POIRRÉ; oct. 1840, in-8°.

Bulletin de l'Académie royale de Médecine; 15—30 oct. 1840, in-8°.

Annales de la Société royale d'Horticulture de Paris; oct. 1840, in-8°.

Le Technologiste, ou Archives des progrès de l'Industrie française et étrangère; nov. 1840, in-8°.

Journal des Connaissances médico-chirurgicales; nov. 1840, in-8°.

De la nécessité des Études pratiques en médecine légale; par M. BAYARD; in-8°.

Bibliothèque universelle de Genève; sept. 1840, in-8°.

Rapport sur le Mémoire de M. AUGUSTE TRINCHINETTI DE MONZA, intitulé : *De odoribus Florum observationes et experimenta, problematis resolutioni accommodata quod realis Academia scientiarum bruxellensis proposuit per annum* 1838; *par* M. CH. MORREN; Bruxelles, 1839, in-8°.

Expériences et observations sur la Gomme des Cycadées; par le même. (Extrait du tome 6, n° 8, du *Bulletin de l'Académie royale de Bruxelles.*) In-8°.

Notes sur l'excitabilité et le mouvement des Feuilles chez les Oxalis; par le même. (Extrait du même ouvrage, n° 7 du *Bulletin.*) In-8°.

Observations sur la formation des Huiles dans les plantes; par le même. (Même ouvrage, *Bulletin*, n° 6.) In-8°.

Observations sur l'épaississement de la Membrane végétale dans plusieurs

organes de l'appareil pileux, et application de ces recherches à l'urtication opérée par quelques plantes; par le même. (Extrait du même ouvrage, *Bulletin*, n° 9) In-8°.

Transactions.... *Transactions de la Société philosophique américaine de Philadelphie;* vol. 7, nouvelle série, partie 1re; Philadelphie, 1840, In-4°.

Della Mecanica.... *Des Machines employées dans la fabrication de l'Huile en Italie; par* M. D. de Vecchi; Florence, 1840, in-8°.

Astronomische.... *Nouvelles astronomiques de* M. Schumacher: n° 410, in-4°.

Gazette médicale de Paris; tome 8, n° 45.

Gazette des Hôpitaux; n° 130—132

L'Expérience, Journal de Médecine, n° 175; in-8°.

La France industrielle; n° 5, nov. 1840, in-8°.

Programme des Prix proposés, pour 1841, *par l'Académie royale des Sciences, Belles-Lettres et Arts de Rouen;* in-8°.

COMPTE RENDU

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 16 NOVEMBRE 1840.

PRÉSIDENCE DE M. PONCELET.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctions interpolaires; par* M. AUGUSTIN CAUCHY.

« Certaines fonctions, issues les unes des autres, et que M. Ampère a désignées sous le nom de fonctions interpolaires (voir les *Annales* de M. Gergonne, année 1826), jouissent de propriétés remarquables, et dont quelques-unes, connues peut-être de notre illustre confrère, ne se trouvent pourtant pas énoncées dans son Mémoire. L'une de ces propriétés fournit immédiatement des limites des restes qui complètent, non-seulement la série de Taylor, arrêtée après un certain nombre de termes, mais encore des séries analogues, par exemple, celle qui, dans le calcul des différences finies, offre le développement d'une fonction de x ordonné suivant des produits de facteurs équidifférents dont chacun est linéaire par rapport à x. L'objet du présent Mémoire est de rappeler ou d'établir les propriétés des fonctions interpolaires, et leur emploi dans la théorie des suites. Je montrerai plus tard le parti qu'on peut tirer de ces mêmes propriétés pour la résolution des équations algébriques ou transcendantes.

ANALYSE.

§ I^{er}. *Propriétés générales des fonctions interpolaires.*

» Soient

$$\mathrm{f}(x)$$

une fonction donnée de la variable x,

$$a,\ b,\ c,\ldots,\ h,\ k,$$

une série des valeurs attribuées à cette variable ; et posons

$$(1)\qquad \mathrm{f}(a,b) = \frac{\mathrm{f}(a)-\mathrm{f}(b)}{a-b},\quad \mathrm{f}(a,b,c) = \frac{\mathrm{f}(a,b)-\mathrm{f}(a,c)}{b-c},\ \text{etc.}$$

Les expressions

$$\mathrm{f}(a,b),\qquad \mathrm{f}(a,b,c),\ldots$$

seront, suivant les définitions admises par M. Ampère, les *fonctions interpolaires* de divers ordres, issues les unes des autres, et formées avec les valeurs particulières

$$\mathrm{f}(a),\ \mathrm{f}(b),\ \mathrm{f}(c),\ldots$$

de la fonction principale $\mathrm{f}(x)$.

» Or, comme on aura, en vertu des formules (1),

$$(2)\qquad \mathrm{f}(a,x) = \frac{\mathrm{f}(a)-\mathrm{f}(x)}{a-x},\quad \mathrm{f}(a,b,x) = \frac{\mathrm{f}(a,b)-\mathrm{f}(a,x)}{b-x},\ldots$$

on en conclura

$$(3)\qquad \left\{\begin{array}{l} \mathrm{f}(x) = \mathrm{f}(a) + (x-a)\,\mathrm{f}(x), \\ \mathrm{f}(x) = \mathrm{f}(a) + (x-a)\,\mathrm{f}(a,b) + (x-a)(x-b)\,\mathrm{f}(a,b,x), \\ \text{etc.}, \end{array}\right.$$

et par suite

$$(4)\qquad \left\{\begin{array}{l} \mathrm{f}(b) = \mathrm{f}(a) + (b-a)\,\mathrm{f}(a,b), \\ \mathrm{f}(c) = \mathrm{f}(a) + (c-a)\,\mathrm{f}(a,b) + (c-a)(c-b)\,\mathrm{f}(a,b,c), \\ \text{etc.} \end{array}\right.$$

En vertu des équations (1) et (4), étant donnés les termes de l'une des suites

$$\mathrm{f}(a),\ \mathrm{f}(b),\quad \mathrm{f}(c),\ldots\ldots,\quad \mathrm{f}(k),$$
$$\mathrm{f}(a),\ \mathrm{f}(a,b),\ \mathrm{f}(a,b,c),\ldots,\quad \mathrm{f}(a,b,c,\ldots,k),$$

les termes de l'autre suite s'en déduiront immédiatement. De plus, en partant des formules (1), (2), (3), (4), on établit aisément les propositions suivantes :

» 1er *Théorème.* Lorsque $\mathrm{f}(x)$ désigne une fonction de x, entière et du degré n, les termes de la suite

$$\mathrm{f}(x),\quad \mathrm{f}(a,x),\quad \mathrm{f}(a,b,x),\quad \mathrm{f}(a,b,c,x),\ldots$$

représentent des fonctions entières de x dont les degrés sont respectivement

$$n,\quad n-1,\quad n-2,\quad n-3,\ldots$$

» 2e *Théorème.* $\mathrm{f}(x)$ désignant une fonction quelconque, et

$$a,\ b,\ c,\ldots,\quad h,\ k,$$

$n+1$ valeurs particulières attribuées à la variable x, si l'on nomme $\mathrm{F}(x)$ une fonction de x, entière et du degré n, déterminée par la formule

$$(5)\quad \left\{\begin{array}{l} \mathrm{F}(x)=\mathrm{f}(a)+(x-a)\,\mathrm{f}(a,b)+(x-a)(x-b)\,\mathrm{f}(a,b,c)+\ldots \\ \qquad +(x-a)(x-b)(x-c)\ldots(x-h)\,\mathrm{f}(a,b,c,\ldots,h,k), \end{array}\right.$$

on aura

$$(6)\quad \mathrm{F}(a)=\mathrm{f}(a),\ \mathrm{F}(b)=\mathrm{f}(b),\ \mathrm{F}(c)=\mathrm{f}(c),\ldots,\mathrm{F}(h)=\mathrm{f}(h),\ \mathrm{F}(k)=\mathrm{f}(k),$$

et

$$(7)\quad \mathrm{f}(x)=\mathrm{F}(x)+(x-a)(x-b)(x-c)\ldots(x-h)(x-k)\,\mathrm{f}(a,b,c,\ldots,h,k,x).$$

» *Démonstration.* Les formules (6) résultent immédiatement de la formule (5) jointe aux équations (4). De plus, pour obtenir la formule (7), il suffit de joindre la formule (5) à l'une des équations (3).

» 3e *Théorème.* Les expressions

$$\mathrm{f}(a,b),\quad \mathrm{f}(a,b,c),\ \text{etc.},$$

sont des fonctions symétriques, la première de a et b, la seconde de a, b, c, etc.

» Une démonstration très simple de ce théorème, différente de celle qu'a donnée M. Ampère, se déduit aisément de la formule (5). En effet, si dans la formule (5) on échange entre elles les lettres $a, b, c, \ldots, h, k$, d'une manière quelconque, les diverses valeurs de $F(x)$ que l'on obtiendra seront identiques, puisque chacune d'elles devra vérifier les conditions (6), et qu'une seule fonction de x, entière et du degré n, peut vérifier ces conditions dont le nombre est $n+1$. Donc le coefficient de x^n, dans le second membre de la formule (5), ou l'expression

$$\mathrm{f}(a, b, c, \ldots, h, k),$$

sera une fonction symétrique de $a, b, c, \ldots, h, k$.

» 4e *Théorème*. Une fonction interpolaire de l'ordre n, dans laquelle les valeurs particulières de la variable deviennent égales, se confond avec la dérivée de l'ordre n de la fonction principale, divisée par le produit

$$1.2.3\ldots n,$$

en sorte qu'on a

$$(8)\quad \mathrm{f}(x, x) = \mathrm{f}'(x), \quad \mathrm{f}(x, x, x) = \frac{\mathrm{f}''(x)}{1.2}, \quad \mathrm{f}(x, x, x, x) = \frac{\mathrm{f}'''(x)}{1.2.3}, \ldots$$

» 5e *Théorème*. Si la fonction $\mathrm{f}(x)$ est de la forme

$$\mathrm{f}(x) = \alpha\varphi(x) + 6\chi(x) + \gamma\psi(x) + \ldots,$$

$\alpha, 6, \gamma, \ldots$ désignant des coefficients constants, on en conclura

$$\begin{aligned} \mathrm{f}(x, y) &= \alpha\varphi(x, y) + 6\chi(x, y) + \gamma\psi(x, y) + \ldots, \\ \mathrm{f}(x, y, z) &= \alpha\varphi(x, y, z) + 6\chi(x, y, z) + \gamma\psi(x, y, z) + \ldots \end{aligned}$$

etc...

» 6e *Théorème*. Soient $\mathrm{f}(x)$ une fonction réelle, et

$$x_0, \mathrm{X},$$

deux valeurs réelles attribuées à la variable x. Si entre ces valeurs on en interpose d'autres

$$x_1, x_2, \ldots, x_{n-1},$$

tellement choisies que les quantités

$$x_0,\ x_1,\ x_2,\ldots,\ x_{n-1},\ \mathrm{X},$$

forment une suite croissante ou décroissante depuis le premier terme jusqu'au dernier, la fonction interpolaire qui correspond à ces deux termes, ou l'expression

$$f(x_0,\ \mathrm{X}),$$

sera une quantité moyenne entre les suivantes

$$f(x_0,\ x_1),\quad f(x_1,\ x_2),\ldots,\quad f(x_{n-1},\ \mathrm{X}),$$

c'est-à-dire comprise entre la plus petite et la plus grande de ces dernières fonctions. Donc, si l'on se sert de la notation

$$\mathrm{M}(u,\ v,\ w,\ldots)$$

pour désigner une moyenne entre diverses quantités $u, v, w,\ldots$, on aura

$$(9)\qquad f(x_0,\ \mathrm{X}) = \mathrm{M}\left[f(x_0,\ x_1),\quad f(x_1,\ x_2),\ldots,\ f(x_{n-1},\ \mathrm{X})\right].$$

» *Démonstration.* En effet, les expressions

$$f(x_0,\ x_1),\quad f(x_1,\ x_2),\ldots,\quad f(x_{n-1},\ \mathrm{X}),$$

sont respectivement équivalentes aux fractions

$$\frac{f(x_1)-f(x_0)}{x_1-x_0},\quad \frac{f(x_2)-f(x_1)}{x_2-x_1},\ldots,\quad \frac{f(\mathrm{X})-f(x_{n-1})}{\mathrm{X}-x_{n-1}};$$

et, celles-ci ayant pour dénominateurs des quantités de même signe, si l'on divise la somme des numérateurs par la somme des dénominateurs, on obtiendra une nouvelle fraction moyenne entre les précédentes. Or cette nouvelle fraction sera

$$\frac{f(\mathrm{X})-f(x_0)}{\mathrm{X}-x_0} = f(x_0,\ \mathrm{X}).$$

» *Corollaire.* Soient

$$f(g,\ h),\quad f(k,\ l),$$

la plus petite et la plus grande des quantités

$$f(x_0,\ x_1),\quad f(x_1,\ x_2),\ldots,\quad f(x_{n-1},\ \mathrm{X}).$$

L'équation (9) donnera

$$(10) \qquad f(x_0, X) = M[f(g, h), \quad f(k, l)].$$

Supposons maintenant que la fonction $f(x)$ reste finie et continue entre les limites $x = x_0$, $x = X$. On pourra en dire autant de la fonction $f(x, y)$, tant que les valeurs de x et de y resteront comprises entre les limites x_0, X ; et par suite l'expression

$$(11) \qquad f[g + \theta(k - g), \quad h + \theta(l - h)],$$

qui acquiert les valeurs particulières

$$f(g, h), \quad f(k, l),$$

quand on y pose successivement

$$\theta = 0, \quad \theta = 1,$$

variera elle-même par degrés insensibles, en passant de la première valeur à la seconde, tandis que le nombre θ variera entre les limites 0, 1. Donc la quantité

$$f(x_0, X),$$

qui, en vertu de la formule (10), est intermédiaire entre

$$f(g, h), \quad \text{et} \quad f(k, l),$$

représentera, dans l'hypothèse admise, une valeur de l'expression (11) correspondante à une valeur de θ plus petite que l'unité. Concevons que, pour cette valeur de θ, l'on ait

$$g + \theta(k - g) = u, \quad h + \theta(l - h) = v;$$

les quantités u, v seront, ainsi que g, h, l et k, comprises entre les limites x_0, X, et la formule (10) donnera

$$(12) \qquad f(x_0, X) = f(u, v).$$

D'ailleurs la quantité

$$v - u = h - g + \theta[l - k - (h - g)]$$

restera comprise entre les limites

$$h - g, \quad l - k,$$

et par conséquent sa valeur numérique ne pourra surpasser la plus grande différence entre deux termes consécutifs de la suite

$$x_0, \ x_1, \ x_2, \ldots, \quad x_{n-1}, \ \mathrm{X}.$$

Or, en faisant croître indéfiniment le nombre n, on peut rendre cette différence, et par suite la valeur numérique de $v - u$, aussi petite que l'on voudra. On peut donc énoncer encore la proposition suivante, que l'on déduit immédiatement de la formule (12), en y remplaçant les limites x_0, X, par deux autres quantités a, b, comprises elles-mêmes entre ces limites.

» 7^e *Théorème.* Soient $f(x)$ une fonction de la variable x, qui reste continue entre les limites $x = x_0$, $x = \mathrm{X}$, et

$$a, \ b,$$

deux valeurs réelles de x comprises entre ces limites. On pourra interposer entre a et b deux nouvelles valeurs u, v, de la variable x, qui vérifient la condition

$$f(a, \ b) = f(u, \ v), \tag{13}$$

et diffèrent l'une de l'autre, d'une quantité inférieure à tout nombre donné ε.

» *Corollaire* 1er. Lorsque la fonction principale $f(x)$ reste continue entre les limites $x = x_0$, $x = \mathrm{X}$, alors, en supposant les valeurs particulières a, b de x comprises entre ces limites, on peut, sans altérer la valeur de $f(a, b)$, rapprocher ces deux valeurs l'une de l'autre de manière à rendre leur différence inférieure à tout nombre donné ε.

» *Corollaire* 2^e. Soient maintenant

$$a, \ b, \ c,$$

trois valeurs particulières de x toujours comprises entre les limites x_0, X, et supposons d'abord la valeur b renfermée entre a et c. La fonction interpolaire du second ordre

$$f(a, \ b, \ c) = \frac{f(b, \ c) - f(a, \ b)}{c - a},$$

formée avec les trois valeurs $f(a)$, $f(b)$, $f(c)$ de la fonction principale $f(x)$, pourra encore être considérée comme une fonction interpolaire du premier ordre, formée avec les valeurs $f(b, c)$, $f(a, b)$ de la fonction principale $f(b, x)$. Donc, en vertu du corollaire 1er, on pourra, dans l'expression

$$f(a, b, c),$$

rapprocher l'une de l'autre les quantités c, a, de manière à rendre la seconde des différences

$$b - a, \quad c - a, \quad c - b,$$

inférieure numériquement aux deux autres, et même aussi petite que l'on voudra. D'ailleurs,

$$f(a, b, c)$$

étant une fonction symétrique de a, b, c, des raisonnements du même genre seraient encore applicables, si a était compris entre b et c, ou c entre a et b. Donc, les trois quantités

$$a, b, c$$

restant comprises entre les limites x_0, X, on peut rapprocher l'une de l'autre celles de ces trois quantités qui étaient d'abord les plus éloignées, de manière à rendre leur différence mutuelle inférieure à tout nombre donné ε. Or, en répétant plusieurs fois de suite de semblables opérations, on pourra, sans altérer l'expression

$$f(a, b, c),$$

et en laissant les quantités

$$a, b, c$$

toujours comprises entre les limites x_0, X, rapprocher indéfiniment ces quantités les unes des autres, de manière à rendre leur plus grande différence mutuelle aussi petite que l'on voudra. Il y a plus : on pourra en dire autant des quantités

$$a, b, c, d, e, \ldots,$$

contenues dans les fonctions interpolaires du troisième, du quatrième...

ordre, c'est-à-dire dans les expressions

$$\mathrm{f}(a, b, c, d) = \frac{\mathrm{f}(b, c, d) - \mathrm{f}(a, b, c)}{d - a},$$

$$\mathrm{f}(a, b, c, d, e) = \frac{\mathrm{f}(b, c, d, e) - \mathrm{f}(a, b, c, d)}{e - a},$$

etc.,

que l'on peut considérer comme fonctions interpolaires du premier ordre, en prenant pour fonction principale

$$\mathrm{f}(b, c, x), \quad \text{ou} \quad \mathrm{f}(b, c, d, x), \ldots$$

au lieu de $\mathrm{f}(x)$. En conséquence, on peut énoncer généralement la proposition suivante :

» 8e *Théorème*. Soient

$$\mathrm{f}(x)$$

une fonction de la variable x qui demeure continue entre les limites $x = x_0$, $x = \mathrm{X}$, et

$$a, b, c, d, \ldots$$

des valeurs réelles de x comprises entre ces mêmes limites. On pourra, dans l'une quelconque des expressions

$$\mathrm{f}(a, b), \quad \mathrm{f}(a, b, c), \quad \mathrm{f}(a, b, c, d), \ldots,$$

et sans altérer sa valeur, rapprocher les unes des autres les quantités

$$a, b, c, d, \ldots,$$

de manière que, ces quantités étant toujours comprises entre les limites x_0, X, la plus grande de leurs différences mutuelles devienne inférieure à tout nombre donné ε.

» *Corollaire*. Puisque le nombre ε peut décroître indéfiniment, et qu'en le réduisant à zéro on rend égales entre elles les diverses valeurs de x que représentaient les lettres $a, b, c, d, \ldots$, le 8e théorème entraîne évidemment celui que nous allons énoncer.

» 9e *Théorème*. Soient

$$\mathrm{f}(x)$$

une fonction réelle de la variable x, qui demeure continue entre les li-

mites $x = x_0$, $x = X$, et

$$a, b, c, d, \ldots$$

des valeurs réelles de x comprises entre ces limites. On pourra entre les quantités

$$a, b, c, d, \ldots$$

interposer de nouvelles valeurs $u, v, w, \ldots$ de x tellement choisies, que, la valeur u étant une moyenne entre a et b, la valeur v une moyenne entre a, b, c, la valeur w une moyenne entre a, b, c, $d, \ldots$, l'on ait

$$(14)\quad \mathrm{f}(a,b) = \mathrm{f}(u,u),\ \mathrm{f}(a,b,c) = \mathrm{f}(v,v,v),\ \mathrm{f}(a,b,c,d) = \mathrm{f}(w,w,w,w), \ldots,$$

ou, ce qui revient au même,

$$(15)\quad \mathrm{f}(a,b) = \mathrm{f}'(u), \quad \mathrm{f}(a,b,c) = \frac{\mathrm{f}''(v)}{1.2}, \quad \mathrm{f}(a,b,c,d) = \frac{\mathrm{f}'''(w)}{1.2.3}, \ldots$$

» *Corollaire* 1er. Dans l'hypothèse admise, et en attribuant à x une valeur comprise entre les limites x_0, X, on aura encore

$$(16)\quad \mathrm{f}(a,x) = \mathrm{f}'(u); \quad \mathrm{f}(a,b,x) = \frac{\mathrm{f}''(v)}{1.2}, \quad \mathrm{f}(a,b,c,x) = \frac{\mathrm{f}'''(w)}{1.2.3}, \ldots,$$

la lettre u désignant une moyenne entre a et x, la lettre v une moyenne entre a, b, x, la lettre w une moyenne entre a, b, c, $x, \ldots$

» *Corollaire* 2e. Les équations (15) et (16) paraissent mériter d'être remarquées. La première des équations (16) peut s'écrire comme il suit

$$\frac{\mathrm{f}(x) - \mathrm{f}(a)}{x - a} = \mathrm{f}'(x + \theta a),$$

et se réduit par conséquent à la formule déjà connue qui joue un si grand rôle dans le calcul différentiel.

» On peut encore, des théorèmes que nous venons d'établir, déduire facilement les propositions suivantes :

» 10e *Théorème*. Si les valeurs attribuées aux trois quantités

$$a, x_0, X,$$

sont renfermées entre des limites entre lesquelles la fonction $\mathrm{f}(x)$ reste

continue, si d'ailleurs la dérivée du second ordre

$$f''(x)$$

conserve constamment le même signe entre ces limites que l'on peut réduire à la plus petite et à la plus grande des trois quantités a, x_0, X, l'expression

$$f(a, x),$$

considérée comme fonction de x, croîtra ou décroîtra sans cesse, tandis que l'on fera varier x depuis $x = x_0$ jusqu'à $x = X$.

« 11° *Théorème.* Supposons que les valeurs attribuées aux quantités

$$a, b, c, \ldots, x_0, X,$$

soient renfermées entre des limites, entre lesquelles la fonction

$$f(x),$$

demeure continue. Si le premier, le deuxième, le troisième... terme de la suite

$$f'(x), \quad f''(x), \quad f'''(x), \ldots$$

conserve constamment le même signe entre ces limites, qui pourront se réduire à la plus petite et à la plus grande des quantités données; alors le premier, le deuxième, le troisième... terme de la suite

$$f(x), \quad f(a, x), \quad f(a, b, x), \ldots,$$

considéré comme fonction de x, croîtra ou décroîtra sans cesse pour des valeurs croissantes de x intermédiaires entre x_0 et X. Donc alors, en prenant

$$x = M(x_0, X), \tag{17}$$

on aura non-seulement, comme on le savait déjà,

$$f(x) = M[f(x_0), f(X)], \tag{18}$$

si $f'(x)$ ne change pas de signe entre les limites x_0, X; mais encore

$$f(a, x) = M[f(a, x_0), \quad f(a, X)], \tag{19}$$

si $f''(x)$ ne change pas de signe entre les limites a, x_0, X;

$$(20) \qquad f(a, b, x) = M[f(a, b, x_0), \quad f(a, b, X)],$$

si $f'''(x)$ ne change pas de signe entre les limites $a, b, x_0, X, \ldots$, et ainsi de suite.

§ II. *Applications diverses des principes établis dans le premier paragraphe.*

» Les formules précédemment obtenues fournissent d'une part les développements des fonctions en séries, tels qu'ils se présentent dans le calcul différentiel ou dans le calcul aux différences finies, d'autre part des limites du reste qui doit compléter chaque série, lorsqu'elle est arrêtée après un certain nombre de termes. La première de ces deux assertions est suffisamment établie dans le Mémoire de M. Ampère; mais, comme la seconde ne s'y trouve énoncée que pour le cas particulier où l'on développe les fonctions en séries par la formule de Taylor, il nous paraît utile de revenir un instant sur ces objets.

» $f(x)$ désignant une fonction donnée de la variable x, et les lettres

$$a, b, c, \ldots, h,$$

représentant n valeurs particulières de cette variable, la $n^{\text{ième}}$ des formules (3) du § I^er^ donnera

$$(1) \left\{ \begin{array}{l} f(x) = f(a) + (x-a)\ f(a, b) + (x-a)(x-b)\ f(a, b, c) + \ldots \\ \ldots + (x-a)(x-b)(x-c)\ldots(x-h)\ f(a, b, c, \ldots, h, x). \end{array} \right.$$

Si $f(x)$ est une fonction entière du degré n, alors la fonction interpolaire

$$f(a, b, c, \ldots, h, x),$$

étant par rapport à x du degré zéro, se réduira simplement à une constante; et, en nommant k une nouvelle valeur particulière de x, on aura

$$f(a, b, c, \ldots, h, x) = f(a, b, c, \ldots, h, k),$$

par conséquent

$$(2) \left\{ \begin{array}{l} f(x) = f(a) + (x-a)\ f(a, b) + (x-a)(x-b)\ f(a, b, c) + \ldots \\ \ldots + (x-a)(x-b)(x-c)\ldots(x-h)\ f(a, b, c, \ldots, k). \end{array} \right.$$

Alors l'équation (2) fournira le développement de $f(x)$ en une série de termes qui seront proportionnels à des produits de fonctions linéaires, et dont les degrés, par rapport à x, seront respectivement égaux aux divers termes de la progression arithmétique

$$0,\ 1,\ 2,\ 3,\ldots,\ n.$$

» Pour retrouver une semblable série, dans le cas où la fonction $f(x)$ cessera d'être entière, il faudra négliger le dernier des termes renfermés dans le second membre de l'équation (2). Or, pour savoir si ce terme peut être négligé, il importe de connaître au moins des limites de l'erreur que son omission fera naître. On y parvient, dans un grand nombre de cas, à l'aide du 9ᵉ théorème du § Iᵉʳ. En effet, admettons que les quantités

$$a,\ b,\ c,\ldots\ldots,\ h$$

se trouvent renfermées entre des limites x_0, X, entre lesquelles la fonction $f(x)$ reste continue. Le théorème dont il s'agit donnera, pour une valeur de x comprise entre ces mêmes limites,

$$f(a,\ b,\ c,\ldots,\ h,\ x) = \frac{f^{(n)}(u)}{1.2\ldots n};$$

et par suite on tirera de l'équation (2)

$$(3)\quad \left\{ \begin{aligned} f(x) = f(a) + (x-a)\,f(a,\ b) + (x-a)(x-b)\,f(a,\ b,\ c) + \ldots \\ \ldots + (x-a)(x-b)(x-c)\ldots(x-h)\frac{f^{(n)}(u)}{1.2\ldots n}, \end{aligned} \right.$$

u désignant une quantité moyenne entre les valeurs attribuées à

$$a,\ b,\ c,\ldots,\ h,\ x.$$

Si, la variable x et la fonction $f(x)$ étant réelles, on nomme A et B la plus petite et la plus grande des valeurs que puisse acquérir la fonction dérivée

$$f^{(n)}(x),$$

tandis que l'on fait varier x entre les limites x_0, X, le dernier terme du second membre de la formule (3) sera renfermé lui-même entre des limites équivalentes aux produits du rapport

$$\frac{(x-a)(x-b)(x-c)\ldots(x-h)}{1.2\ldots n},$$

par les coefficients A et B. Donc la plus grande des valeurs numériques de ces deux produits sera la limite de l'erreur que l'on pourra commettre en négligeant le terme dont il s'agit.

» Si, les valeurs particulières de la variable x étant choisies de manière à offrir les différents termes d'une progression arithmétique, on représente ces valeurs non plus par

$$a,\ b,\ c,\ldots,\ h,\ k,$$

mais par

$$a,\ a+h,\ a+2h,\ldots,\quad a+(n-1),\quad a+nh,$$

alors, en adoptant les notations du calcul aux différences finies, et posant

$$\Delta f(x) = f(x+h) - f(x),\quad \Delta f(a) = f(a+h) - f(a),$$

on verra l'équation (2) se réduire à la formule connue

$$(4)\quad \left\{ \begin{aligned} f(x) = f(a) + (x-a)\frac{\Delta f(a)}{h} + \frac{(x-a)(x-a-h)}{1.2}\frac{\Delta^2 f(a)}{h^2} + \ldots \\ + \frac{(x-a)(x-a-h)\ldots[x-a-(n-1)h]}{1.2.3\ldots n}\frac{\Delta^n f(a)}{h^n}; \end{aligned} \right.$$

tandis que l'équation (3) donnera

$$(5)\quad \left\{ \begin{aligned} f(x) = f(a) + (x-a)\frac{\Delta f(a)}{h} + \frac{(x-a)(x-a-h)}{1.2}\frac{\Delta^2 f(a)}{h^2} + \ldots \\ + \frac{(x-a)(x-a-h)\ldots[x-a-(n-1)h]}{1.2.3\ldots n} f^{(n)}(u). \end{aligned} \right.$$

Des deux formules (4), (5), la première seulement suppose que $f(x)$ est une fonction entière de x. Dans la formule (5), où $f(x)$ peut cesser d'être une fonction entière de x, la lettre u représente une moyenne entre les valeurs attribuées aux quantités

$$a,\ a+nh,\ x.$$

» Lorsque, dans la formule (5), on pose $h=0$, on retrouve l'équation connue

$$(6)\quad \left\{ \begin{aligned} f(x) = f(a) + (x-a)f'(a) + \frac{(x-a)^2}{1.2}f''(a) + \ldots + \frac{(x-a)^{n-1}}{1.2\ldots(n-1)}f^{(n-1)}(a) \\ + \frac{(x-a)^n}{1.2\ldots n}f^{(n)}[a+\theta(x-a), \end{aligned} \right.$$

dans laquelle θ désigne un nombre renfermé entre les limites 0, 1.

» Nous ferons voir dans un autre article que la considération des fonctions interpolaires et les principes établis dans le § Ier fournissent des méthodes très expéditives pour la résolution des équations algébriques et transcendantes. »

CALCULS NUMÉRIQUES. — *Sur les moyens d'éviter les erreurs dans les calculs numériques; par* M. AUGUSTIN CAUCHY.

« Les nombreux exemples que l'on pourrait citer d'erreurs commises quelquefois par des calculateurs fort habiles, dans la réduction des formules en nombres, doivent faire rechercher avec soin les moyens de vérifier l'exactitude des résultats numériques auxquels on se trouve conduit par une suite d'opérations déterminées. Or, pour que l'on puisse offrir le résultat d'un calcul comme digne d'être adopté avec confiance, ce que l'on doit faire ce n'est pas de recommencer deux fois le même calcul en suivant la même route, attendu qu'il est assez naturel que l'on retombe dans une erreur déjà commise; c'est au contraire de tout disposer de manière que, par deux systèmes d'opérations fort distinctes, on doive se trouver ramené à des résultats identiques. Cette condition est remplie, par exemple, dans la méthode générale d'interpolation que j'ai donnée en 1835, et qui a été rappelée par M. Le Verrier dans l'avant-dernière séance. Cette méthode, étendue à plusieurs systèmes d'inconnues, m'a servi, dans les *nouveaux Exercices de Mathématiques*, à déduire des belles expériences de Frauenhofer les lois de la dispersion de la lumière relatives aux substances sur lesquelles cet habile physicien avait opéré. Les résultats qu'elle m'a fournis dérivent de la formation de plusieurs tableaux, dont chacun porte en lui-même la preuve de l'exactitude de tous les nombres qu'il renferme.

» L'honorable mission qui m'était confiée, à l'époque où je publiais ces tableaux, m'ayant donné l'occasion de rechercher s'il ne serait pas possible de rendre plus faciles et plus sûres tout à la fois les diverses méthodes de calcul, j'ai reconnu que des procédés très simples pourraient procurer cet avantage aux opérations mêmes de l'arithmétique. Je me bornerai ici à en indiquer quelques-uns en peu de mots. J'espère qu'en raison de leur grande utilité, l'Académie me pardonnera de l'entretenir un moment de cet objet. J'y serais d'ailleurs autorisé, s'il était nécessaire, par l'exemple de nos premiers géomètres, qui plus d'une fois ont choisi pour sujet de leurs méditations le perfectionnement des calculs numériques.

» Pour vérifier l'exactitude des résultats fournis par diverses opérations

de l'arithmétique décimale, et en particulier par l'addition, la soustraction, la multiplication ou l'élévation aux puissances, on peut employer un moyen fort simple. Il consiste à disposer chaque opération de telle sorte qu'elle fournisse immédiatement, par exemple, avec la somme ou le produit de nombres écrits en chiffres dans le système décimal, ce que deviendrait cette somme ou ce produit, si l'on considérait les divers chiffres dont chaque nombre se compose, comme représentant non plus des unités des divers ordres, mais des unités simples, puis de voir si la valeur trouvée de la nouvelle somme ou du nouveau produit est effectivement celle que l'on déduirait immédiatement des nombres donnés.

» Le principe que je viens d'énoncer fournit une preuve très simple de l'addition arithmétique, dans le cas où les chiffres que renferment chaque colonne verticale fournissent toujours une somme représentée par un seul chiffre; et même dans le cas contraire, pourvu que, dans le dernier cas, on ajoute à la somme des chiffres qui composent les divers nombres la somme des chiffres qui expriment les reports, en ayant soin d'écrire ces reports dans une ou deux lignes horizontales placées entre ces mêmes nombres et la somme cherchée.

» Pour appliquer le même principe à la multiplication arithmétique, il convient d'effectuer cette opération, non à l'aide de la méthode généralement enseignée et pratiquée en France, mais à l'aide d'une méthode moins connue et qui permet de former d'un seul coup le produit de deux nombres écrits en chiffres. La méthode dont il s'agit consiste à former à la suite les uns des autres, pour les réunir immédiatement, les produits de même ordre qu'on peut obtenir en multipliant un des chiffres du multiplicande par un chiffre correspondant du multiplicateur. Cette méthode se simplifie lorsque au-dessus du multiplicande on écrit le multiplicateur renversé sur une bande de papier mobile. Car alors, dans chaque position du multiplicateur, on trouve placés l'un au-dessus de l'autre les chiffres correspondants du multiplicateur et du multiplicande, c'est-à-dire les chiffres qui, pris deux à deux, doivent fournir des produits de même ordre. Alors aussi, pour appliquer le principe ci-dessus énoncé, il suffit d'écrire au-dessous de chaque chiffre du multiplicande la somme des produits partiels de l'ordre de ce même chiffre. Si cette somme se trouvait exprimée par un nombre de plusieurs chiffres, de deux chiffres, par exemple, on écrirait le deuxième chiffre seulement au-dessous du chiffre correspondant du multiplicande, dans une certaine ligne horizontale, puis on reporterait à gauche et dans une ligne horizontale plus élevée le premier chiffre de la

même somme ; et l'opération, achevée comme dans le cas où il s'agit d'une addition simple, porterait en elle-même la preuve de l'exactitude non-seulement des sommes partielles formées avec les produits partiels de même ordre, mais encore de la somme totale fournie par la réunion de ces sommes partielles, c'est-à-dire du produit des nombres donnés.

» Le principe ci-dessus énoncé peut encore être facilement appliqué aux multiplications approximatives, dans lesquelles on se propose d'obtenir le produit de deux nombres qui renferment des chiffres décimaux avec un degré d'approximation donné.

» Enfin les opérations de l'arithmétique deviendraient notablement plus simples et plus faciles, si l'on combinait le principe ci-dessus énoncé avec l'emploi de deux espèces de chiffres. Les géomètres se sont plusieurs fois occupés de systèmes de numération qui présenteraient une autre base que le nôtre ; mais je ne sais si, en conservant la même base, on a essayé d'effectuer les diverses opérations de l'arithmétique sur des nombres exprimés par des chiffres dont les uns seraient positifs, les autres négatifs. Cependant rien de plus aisé. Concevons en effet que, dans un nombre exprimé en chiffres, on place le signe de la soustraction au-dessus du chiffre correspondant à des unités d'un certain ordre, pour indiquer que les unités de cet ordre doivent être prises avec le signe —. Alors on aura des chiffres positifs et des chiffres négatifs, et l'on devra distinguer dans chaque chiffre son signe et sa valeur numérique. Pour obtenir, à l'aide des notations reçues, la valeur d'un nombre écrit avec les deux espèces de chiffres, il suffira de remplacer chaque suite continue de chiffres négatifs, situés immédiatement l'un après l'autre, par le complément arithmétique de cette suite, en diminuant d'une unité le chiffre positif qui la précède. Cela posé, on pourra évidemment écrire un nombre quelconque avec des chiffres dont la valeur numérique soit tout au plus égale à 5, et dès-lors les additions, soustractions, multiplications, divisions, les conversions de fractions ordinaires en fractions décimales, et les autres opérations de l'arithmétique, se trouveront notablement simplifiées. Ainsi, en particulier, la table de multiplication étant réduite au quart de son étendue, on n'aura plus à former que des produits partiels de chiffres non supérieurs à 5. Remarquons encore que, dans la multiplication, la somme des produits partiels de même ordre sera d'autant plus facile à calculer, qu'en général ces produits partiels seront les uns positifs, les autres négatifs, et que par suite leur somme se trouvera presque toujours exprimée par un seul chiffre. Remarquons enfin que pour le même motif il deviendra très aisé d'ap-

pliquer aux nombres écrits avec les deux espèces de chiffres le principe ci-dessus indiqué comme propre à fournir la vérification des résultats obtenus.

» Pour rendre plus faciles à saisir les principes ci-dessus énoncés, j'en donnerai ici quelques applications très simples.

§ Ier. *Opérations exécutées à l'aide des divers chiffres qu'emploie le système décimal.*

» Une preuve très simple et très sûre de l'addition, de la soustraction, de la multiplication, etc., consiste à former avec la somme, la différence, ou le produit de deux ou de plusieurs nombres, la somme, la différence ou le produit de ceux que l'on obtiendrait si, dans chaque nombre, les divers chiffres étaient considérés comme représentant non plus des unités de divers ordres, mais des unités de même ordre. Cette sorte de preuve se trouve établie en même temps que l'opération même dans les exemples suivants :

Addition avec la preuve.

Nombres donnés.	320,4268	25
	16,202	11
	403	7
	20,0401	7
Somme.........	759,6689	50

Soustraction avec la preuve.

Nombres donnés.	196,589	38
	42,37	16
Différence......	154,219	22

Ici à la suite de chacun des nombres donnés ou calculés, on trouve le nombre correspondant auquel il se réduit quand on regarde tous ses chiffres comme exprimant des unités simples. On peut adopter le résultat de l'opération avec confiance, quand le nombre correspondant à la somme ou à la différence des nombres donnés est, comme on le voit dans ces deux exemples, la somme ou la différence de leurs correspondants.

» Pour étendre cette preuve au cas où il y a des reports à effectuer d'une colonne verticale à l'autre, il suffit d'écrire ces reports et d'en tenir compte, comme on le voit dans l'exemple suivant :

Addition avec la preuve.

Nombres donnés.	198,57	30
	203,48	17
	317,34	18
	172,19	20
Reports.	121,2	6
Somme.	891,58	91

Ici la somme 31 des chiffres que renferme le nombre 891,58, étant augmentée de 6 dixaines, c'est-à-dire d'autant de dixaines qu'il y a d'unités dans les chiffres des reports, doit reproduire et reproduit en effet le nombre 91, c'est-à-dire la somme totale des chiffres que renferment les reports et les nombres donnés.

» Pour appliquer les mêmes principes à la vérification d'un produit, il convient d'écrire au-dessus du multiplicande les différentes sommes partielles dont chacune renferme les produits partiels de même ordre qui peuvent résulter de la multiplication des divers chiffres du multiplicande par des chiffres correspondants du multiplicateur. A la rigueur, sans écrire ni sommes partielles, ni produits partiels, on pourrait obtenir d'un seul coup le produit de deux nombres donnés, en ajoutant successivement les uns aux autres les produits partiels d'un chiffre par un chiffre, et commençant par ceux qui sont de l'ordre le moins élevé. On se trouverait ainsi ramené à la méthode de multiplication donnée par M. Hilf dans un ouvrage intitulé le *Calcul sans chiffres*, méthode que l'on dit avoir été plus anciennement exposée par le professeur Gunz dans des leçons orales à Laybach Mais si l'on adoptait sans modification cette méthode, dans le cas où le multiplicande et le multiplicateur donné contiennent beaucoup de chiffres, il ne serait pas facile de reconnaître les erreurs commises. Au contraire les résultats du calcul peuvent être aisément vérifiés, lorsqu'on écrit les sommes partielles dont nous avons parlé ci-dessus; et nous ajouterons que, pour former aisément chacune de ces mêmes sommes, il suffit d'amener dans une position fixe au-dessus du multiplicande le multipli-

cateur renversé, mais écrit à part sur une règle ou sur une bande mobile de papier. Alors la vérification des produits s'effectue presque aussi facilement que celle des sommes, comme on peut le voir dans l'exemple suivant.

» Supposons que l'on veuille multiplier 6,46 par 12,3. On formera d'abord les sommes partielles des produits de même ordre, en faisant glisser au-dessus du multiplicande le multiplicateur renversé; et chaque fois on écrira le dernier chiffre de la somme partielle obtenue au-dessous du chiffre 2, qui représente les unités simples du multiplicateur, comme on le voit ici:

Multiplicateur renversé.	3,2 1	3,2 1	3,2 1	
Multiplicande.........	6,4 6,	6,4 6,	6,4 6	,...
	1	2	3	
	8	4	2	

Lorsque toutes les sommes partielles seront formées, on les ajoutera pour obtenir le produit cherché, après avoir vérifié leur exactitude, en calculant de deux manières différentes un autre produit dont les deux facteurs seront la somme des chiffres du multiplicande et la somme des chiffres du multiplicateur. L'opération tout entière peut être disposée comme il suit :

Multiplication avec la preuve.

Multiplicateur renversé.	3,2 1	6
Multiplicande.........	6,4 6	1 6
	1 3 2 1	7
	6 6 2 4 8	2 6
Produit.............	7 9,4 5 8	9 6

Ici la somme des chiffres du multiplicande est 16, la somme des chiffres du multiplicateur 6; et le produit de ces deux sommes, ou le nombre 96, doit résulter de l'addition des sommes partielles 18, 24, 32, 16 et 6, dans le cas où les derniers chiffres de celles-ci seraient considérés comme représentant des unités simples. Or c'est effectivement ce qui arrive, puisque, dans le cas dont il s'agit, les sommes partielles 18, 24, 32, 16 et 6 renfermeraient 7 dixaines et 26 unités. Donc, dans l'opération effectuée, ces

sommes doivent être considérées comme exactes. Quant à l'addition des sommes partielles, elle peut être, à son tour, immédiatement vérifiée, et pour obtenir sa preuve il suffira d'observer que la somme faite du nombre 26 et du nombre 7 considéré comme représentant non plus des dixaines, mais des unités simples, est précisément la somme totale 33 des divers chiffres du produit obtenu

$$7\,9,4\,5\,8.$$

» En suivant la méthode précédente, on n'aura jamais à s'inquiéter de la place que devra occuper la virgule décimale, puisque, en vertu des règles établies, les unités de même ordre du multiplicande et du produit se trouveront toujours placées dans la même colonne verticale.

» Il est facile d'étendre les principes que nous venons d'établir au cas où la multiplication devrait s'effectuer de manière à fournir seulement la valeur non pas exacte, mais approchée, du produit de deux nombres, avec un degré d'approximation donné. Au reste je pourrai, dans une autre occasion, revenir à ce sujet, et aux divers moyens que l'on peut employer pour rendre plus sûres et plus faciles d'autres opérations de l'arithmétique, telles que l'extraction des racines. Je me bornerai, en terminant ce paragraphe, à indiquer une règle fort simple, à l'aide de laquelle on peut souvent donner, presque sans calcul, le produit de deux nombres composés de plusieurs chiffres. Voici l'énoncé de cette règle, qui se démontre par l'Arithmétique aussi bien que par l'Algèbre, avec la plus grande facilité :

» *Pour multiplier deux nombres l'un par l'autre, décomposez leur somme en deux parties dont le produit puisse être facilement obtenu, et ajoutez au produit de ces deux parties le produit des différences entre l'une d'elles et les deux nombres donnés.*

» Lorsque les deux nombres donnés sont égaux, la règle est encore applicable; seulement leur somme et leur produit deviennent le double et le carré de chacun d'eux.

» Concevons, par exemple, qu'il s'agisse de multiplier 616 par 609; on aura

$$609 + 616 = 1225 = 600 + 625,$$

et comme les différences entre les nombres donnés et 600 sont respectivement

$$9 \quad \text{et} \quad 16,$$

on en conclura

$$609 \times 616 = 600 \times 625 + 9 \times 16$$
$$= 375000 + 144$$
$$= 375144.$$

» Concevons encore qu'il s'agisse de former le carré de 9987 ; on aura

$$2 \times 9987 = 19974 = 10000 + 9974,$$

et, comme la différence entre 10000 et le nombre donné sera 13, on en conclura

$$9987^2 = 9974 \times 10000 + 13^2$$
$$= 99740000 + 169$$
$$= 99740169.$$

§ II. *Opérations exécutées avec deux espèces de chiffres, les uns positifs, les autres négatifs.*

» Concevons que, dans un nombre écrit en chiffres, on place le signe — au-dessus du chiffre correspondant aux unités d'un certain ordre, pour exprimer que les unités de cet ordre doivent être effectivement prises avec le signe —. On pourra distinguer dans chaque nombre deux espèces de chiffres, les uns positifs, les autres négatifs. D'ailleurs, pour exprimer à l'aide des notations reçues la valeur d'un nombre écrit avec ces deux espèces de chiffres, il faudra remplacer chaque suite continue de chiffres négatifs, situés immédiatement l'un après l'autre, par le complément arithmétique de cette suite, et diminuer d'une unité le chiffre positif qui la précède. Ainsi, par exemple, on aura

$$1\bar{1} = 9, \quad 1\bar{2}1 = 81,$$
$$10\bar{2}\bar{4}5\bar{3}12\bar{4}\bar{2} = 976471158.$$

Cela posé, on pourra évidemment écrire un nombre quelconque avec des chiffres dont la valeur numérique soit tout au plus égale à 5. Pour y parvenir, il suffira de remplacer, dans le nombre écrit suivant la notation reçue, chaque suite continue de chiffres positifs et supérieurs à 4 par des chiffres négatifs qui forment, au signe près, le complément arithmétique de cette suite, en ajoutant au chiffre qui la précède une

seule unité. Si le dernier chiffre de la suite était 5, on pourrait à la rigueur ne pas s'en occuper et l'exclure de la suite. Mais alors même, à moins que la suite ne se trouve réduite au seul chiffre 5, il sera mieux de rendre ce chiffre négatif, afin de diminuer autant que possible la valeur numérique du chiffre précédent.

» Les nombres étant exprimés, comme on vient de le dire, par des chiffres dont la valeur numérique ne surpasse pas 5, les additions, soustractions, multiplications, divisions, les conversions de fractions ordinaires en fractions décimales, et les autres opérations de l'arithmétique, se trouveront notablement simplifiées. Ainsi, en particulier, la table de multiplication pourra être réduite au quart de son étendue, et l'on n'aura plus à effectuer de multiplications partielles que par les seuls chiffres

$$2, \quad 3, \quad 4 = 2 \times 2, \quad \text{et } 5 = \tfrac{10}{2}.$$

Ainsi, pour être en état de multiplier l'un par l'autre deux nombres quelconques, il suffira de savoir doubler ou tripler un nombre, ou en prendre la moitié. Si on le trouvait plus commode, on pourrait se contenter d'écrire le multiplicateur suivant le nouveau système. On devra d'ailleurs se rappeler que le produit de deux chiffres de même espèce est positif, tandis que le produit de deux chiffres d'espèces différentes, c'est-à-dire l'un positif, l'autre négatif, sera négatif.

» Cela posé, on reconnaîtra sans peine que le produit des nombres

$$8256 = 1\bar{2}3\bar{4}\bar{4}, \quad 9978 = 100\bar{2}\bar{2},$$

est

$$1\bar{2}24\bar{2}\bar{2}4\bar{3}\bar{2} = 82378368.$$

De plus, on passera aisément des formules

$$11^2 = 121, \quad 12^2 = 144, \quad 13^2 = 169, \quad \text{etc...}$$

aux suivantes

$$1\bar{1}^2 = 1\bar{2}1, \quad 12^2 = 1\bar{4}4. \quad 1\bar{3}^2 = 1\bar{6}9, \quad \text{etc...},$$

qui peuvent encore s'écrire ainsi :

$$9^2 = 81, \qquad 8^2 = 64, \qquad 7^2 = 49, \quad \text{etc...}$$

Pareillement des formules

$$1013^2 = 1026169, \quad 1006^3 = 1018108216, \quad \text{etc.},$$

qui se déduisent si aisément et presque sans calcul du binome de Newton, l'on passera immédiatement aux suivantes

$$10\bar{1}\bar{3}^2 = 10\bar{2}\bar{6}169, \quad 100\bar{6}^3 = 10\bar{1}\bar{8}108\bar{2}\bar{1}\bar{6}, \quad \text{etc.},$$

qui peuvent encore s'écrire ainsi

$$9987^2 = 974169, \quad 9994^3 = 982107784, \quad \text{etc.}$$

Observons en outre que, dans les additions, multiplications, élévations aux puissances, etc., les reports faits d'une colonne à l'autre seront généralement très faibles, et souvent nuls, attendu que les chiffres positifs et négatifs se détruiront mutuellement en grande partie, dans une colonne verticale composée de plusieurs chiffres.

» Dans la réduction des fractions ordinaires en fractions décimales, la période sera connue, dès que l'on retrouvera le même reste au signe près; et cette période sera composée de deux parties semblables l'une à l'autre, abstraction faite du signe. On trouvera par exemple

$$\frac{1}{7} = 0,143\bar{1}\bar{4}\bar{3}143\bar{1}\bar{4}\bar{3}\ldots = 0,142857142857\ldots,$$

$$\frac{1}{11} = 0,1\bar{1}1\bar{1}1\bar{1}\ldots = 0,090909\ldots,$$

$$\frac{1}{13} = 0,1\bar{2}\bar{3}\bar{1}231\bar{2}\bar{3}\bar{1}23\ldots = 0,76923076923\ldots,$$

etc.

Enfin, dans les tables de logarithmes écrites avec des chiffres positifs et négatifs, on passera du logarithme de n au logarithme de $\frac{1}{n}$ en changeant simplement les signes de tous les chiffres. »

PHYSIOLOGIE COMPARÉE. — *Loi générale de la reproduction dans tous les êtres vivants; par* M. F. LALLEMAND, professeur à Montpellier. (Suite.)

« La génération est la fonction la plus universelle, avec la nutrition, puisque tous les êtres vivants se reproduisent.

» Malgré la diversité apparente des phénomènes observés jusqu'à présent, il doit y avoir quelque chose de commun dans un acte qui est commun à tous. C'est ce qu'il faut chercher, car c'est la condition *essentielle* de la fonction. Tout le reste n'est qu'accessoire, puisque tout le reste peut manquer sans que la fonction disparaisse. C'est dans les êtres les plus simples qu'il faut chercher cette condition *fondamentale* de la génération, puisque c'est chez eux que la fonction, réduite à ses derniers termes, est débarrassée de tout ce qui n'est pas indispensable.

» Le mode de génération le plus simple est sans contredit celui qui n'exige pas le concours de deux individus ou de deux organes distincts. La *monogénie* peut s'accomplir par *scission* longitudinale ou transversale, par *gemmiparité* extérieure ou intérieure, par spores, par propagules, tubercules, turions, etc. Mais, dans tous ces cas, une partie vivante se sépare de l'animal *type* (1), quand elle possède tout ce qui lui est nécessaire pour continuer à se développer isolément. Ce n'est pas au moment où l'être nouveau acquiert une *existence indépendante* que la vie lui est communiquée, car dès les premiers instants il jouissait de la même vie que l'organisme *souche*, et quelquefois même il contribuait à l'entretien commun quand la séparation s'est opérée. La reproduction par *monogénie* n'est donc qu'une extension de la nutrition, et ce qui le prouve, c'est qu'elle est proportionnée à l'abondance de l'alimentation. Quand elle est exubérante, les nouveaux polypes poussent eux-mêmes des bourgeons, et ceux-ci en produisent d'autres avant que la séparation s'opère; en sorte qu'on peut compter trois et quatre générations sur la souche première.

» Lorsque les divers tissus de l'économie sont devenus très distincts, lorsque les fonctions se sont multipliées, localisées, en acquiérant un haut

---

(1) Je dis *type* et non pas *mère*, comme on fait ordinairement, parce qu'il n'y a de mère que chez l'individu qui possède des organes femelles, et l'on ne trouve jamais d'organes femelles que dans les espèces où il existe des organes mâles. L'individu qui se reproduit par *monogénie* n'est donc pas plus une *mère* qu'un *père*. Ce vice de langage a trompé bien des physiologistes.

degré de perfection, la reproduction ne peut plus s'opérer que par le concours de deux individus ou de deux organes distincts. Mais la transition ne s'opère pas d'une manière brusque, car il y a beaucoup de végétaux et d'animaux qui se reproduisent à la fois par *monogénie* et par *digénie*. D'un autre côté, dans les classes inférieures, les deux sexes diffèrent très peu, et même dans les *conjuguées*, il est impossible de distinguer le mâle de la femelle. Les deux tubes sont remplis de matière semblable, ils se rapprochent, les granules passent d'une cavité dans l'autre et la fécondation a lieu; mais personne n'aurait pu dire à l'avance quelle serait celle des deux cellules qui recevrait les granules de l'autre.

» A mesure qu'on s'élève dans l'échelle des êtres, les organes de la reproduction se compliquent de part et d'autre, ils prennent des caractères de plus en plus distincts, mais au fond le phénomène *essentiel* de la reproduction est toujours le même. Dans la *monogénie* une partie vivante se sépare du *type* quand elle peut continuer à se développer isolément; dans la *digénie* une partie vivante se sépare des organes mâle et femelle quand il peut en résulter un être nouveau, susceptible d'un développement ultérieur complet.

» L'ovule végétal vit de la vie de l'ovaire au moment où la fécondation s'opère; il continue à recevoir sa nourriture du podosperme, qu'on a mal à propos appelé cordon ombilical, jusqu'au moment où l'embryon et l'embryotrophe ont pris assez de développement pour puiser ailleurs les éléments d'une existence indépendante (germination).

» L'ovule animal vit après sa séparation de l'ovaire et avant d'être fécondé, car il continue à croître, il s'enveloppe d'albumine, de nouvelles membranes, etc. Dans les batraciens, les ovules les plus faciles à féconder artificiellement sont ceux qu'on prend à la fin de l'oviducte; les fécondations sont d'autant plus rares qu'on opère sur des ovules plus voisins de l'ovaire; elles sont nulles quand on agit sur des ovules puisés dans l'ovaire lui-même. Ainsi les ovules se perfectionnent comme les zoospermes, en approchant de l'orifice extérieur. Les ovules des batraciens peuvent encore être fécondés quatre jours après leur extraction, quand on les conserve dans des conditions convenables : si la fécondation est impossible plus tard, c'est par la même raison que la graine cesse de pouvoir germer, c'est-à-dire parce que la vie s'y est éteinte. Aussitôt que la fécondation vient d'avoir lieu, la surface de l'ovule se couvre de sillons dans tous les sens et change à chaque instant d'aspect. De semblables contractions ne pour-

raient avoir lieu dans les membranes propres de l'ovule, s'il n'était vivant avant la fécondation.

» En résumé, l'ovule n'est pas seulement un *réservoir* de matériaux nutritifs pour l'embryon; c'est encore une partie *douée de vie;* sa vitalité s'accroît même après qu'il est séparé de l'ovaire. La vie lui est indispensable pour s'unir avec le zoosperme, car une *soudure* ne peut s'établir qu'entre parties vivantes. Si l'on a pu douter de la vitalité des ovules, c'est qu'on en a jugé par comparaison, sans songer qu'il y a bien des degrés entre le lichen et l'homme, entre l'os et le muscle, quoique le lichen et l'os jouissent aussi de la vie; c'est qu'on ne s'est pas assez souvenu que l'animal le plus élevé dans l'échelle des êtres passe par tous les états intermédiaires, et qu'au moment de la fécondation il se trouve précisément au point de départ, au degré le plus inférieur de l'animalité.

» Sur quel point de l'ovule s'opère la soudure du zoosperme? Sur la membrane proligère qui existe dans tous les ovules, qui est épaisse, villeuse sinon vasculaire. C'est en effet toujours dans ce point que s'accomplit la fécondation. Dans les ovules dont l'enveloppe extérieure est dure, ou résistante, comme chez les insectes, les batraciens, etc., une ouverture existe toujours à la membrane externe vis-à-vis cet écusson. Le mycropile manque au contraire chez ceux dont l'enveloppe est très mince (mammifères), ou ne se durcit qu'après la fécondation (oiseaux). Dans tous les cas, c'est sur le disque proligère que s'opère la fécondation. C'est là que tout a été préparé pour recevoir le zoosperme.

» Quant aux exemples de pareilles soudures, ils ne manquent pas dans la fonction même de la génération. L'œuf fécondé se soude à la matrice pendant tout le temps de la gestation : l'embryon des marsupiaux se soude plus tard au mamelon de la tétine; les doigts se soudent souvent entre eux d'une manière permanente; les deux membres inférieurs se fondent quelquefois en un seul; il arrive souvent que deux placentas se confondent; deux fœtus se soudent aussi *par des parties similaires*, et restent égaux quand ils ont la même vigueur; ou bien le plus fort atrophie l'autre; il peut même l'engloutir complétement dans son développement rapide. En effet, il n'y a que l'hypothèse de deux zoospermes greffés sur le même écusson, qui puisse expliquer l'existence d'un fœtus dans l'abdomen d'un garçon adulte, fait qui a été plusieurs fois parfaitement constaté.

» En résumé, la fécondation n'est pas un acte dans lequel une matière *inerte* soit tout-à-coup vivifiée par un liquide *amorphe*, par une action *élec-*

trique, nerveuse, dynamique, etc. C'est essentiellement l'union de deux parties *vivantes* dont chacune est nécessaire au développement ultérieur de l'autre. De cette manière, la reproduction par le concours des deux sexes rentre dans la même loi que celle qui s'opère par *monogénie*. C'est toujours *une partie vivante qui se sépare du type*, soit pour continuer à se développer seule, soit pour chercher dans un autre les moyens nécessaires à son développement ultérieur. La loi est toujours la même, soit que la fonction puisse être accomplie par un seul individu, soit qu'elle doive être partagée entre deux organes distincts. La vie ne se produit pas instantanément par un acte unique et isolé : elle se développe d'une manière lente et progressive, sans interruption, comme une continuation, une conséquence de la nutrition. La matière inerte s'organise et devient vivante *dans l'organisme souche* avant d'acquérir une existence *indépendante*; et la vie se propage ainsi sans interruption appréciable.

» Chez l'homme la rencontre de l'ovule et du zoosperme peut avoir lieu dans l'ovaire, puisque les grossesses *ovariques* ont été souvent constatées; ou en sortant de l'ovaire, puisque les grossesses *péritoniales* ne sont pas rares. Les expériences faites sur les animaux ne prouvent rien par rapport à l'espèce humaine, puisque, chez les poissons, la fécondation n'a lieu qu'après l'accouchement et *loin de la mère*, tandis que chez les batraciens elle s'opère au moment même où l'ovule *est expulsé*; chez les insectes, c'est au moment où il *va sortir* du corps de la mère; chez les oiseaux, c'est dans l'*oviducte*. Enfin, chez les mammifères, la fécondation se fait encore plus profondément, dans les *trompes utérines*. Il n'est donc pas étonnant que, dans l'espèce humaine, elle remonte jusque dans l'ovaire, ou du moins jusqu'à la surface de l'ovaire. Ici d'ailleurs les cas pathologiques observés chez la femme méritent bien plus de confiance que toutes les inductions tirées des expériences faites sur les animaux les plus voisins de l'homme.

» En m'élevant ainsi rapidement, de la conferve jusqu'à l'homme, pour chercher l'unité de loi qui préside à la reproduction de *tous* les êtres vivants, on concevra que je n'ai pu discuter aucun point en particulier : mais la plupart des faits sur lesquels je me suis appuyé sont connus; les autres, assez nombreux, seront bientôt publiés. »

M. de Blainville présente à l'Académie la septième livraison de son *Ostéographie comparée récente et fossile*, dans laquelle, après des généralités sur les carnassiers, formant neuf feuilles d'impression, se trouvent

développées l'ostéographie et l'odontographie des genres *Phoca* et *Trichechus* de Linné, dans huit feuilles d'impression et neuf planches.

M. Pouillet fait hommage à l'Académie d'un exemplaire de ses *Éléments de Physique expérimentale et de Météorologie.*

RAPPORTS.

OPTIQUE. — *Rapport sur un Mémoire de M. Vallée ayant pour titre :* Explication du mécanisme de l'œil.

(Commissaires, MM. Arago, Magendie, Sturm, Pouillet rapporteur.)

« A l'époque où M. Vallée a publié son *Traité de Géométrie descriptive* et son *Traité de la science du dessin*, l'Académie lui a accordé son approbation pour ces deux ouvrages remarquables, sans entrer explicitement dans l'examen des idées nouvelles qu'il avait eu l'occasion d'émettre sur la vision et sur le mécanisme de l'œil. Ces idées n'avaient pas reçu alors de suffisants développements; on ne pouvait les considérer que comme des indications qui exigeaient de plus amples recherches. Dans le Mémoire qu'il vient de présenter et dont nous sommes chargés de rendre compte, M. Vallée annonce qu'en partant des premiers principes qu'il avait posés à cette époque, il est parvenu à embrasser dans son ensemble toute la théorie de la vision et à l'asseoir sur des bases nouvelles. Cependant le Mémoire dont il s'agit, quoique très étendu, ne contient encore qu'une petite partie de ce grand travail; l'auteur n'y expose pas encore sa théorie: son but principal paraît être de démontrer surtout combien l'ancienne théorie est insuffisante et combien elle est loin de donner les résultats qui sont généralement admis comme les plus vraisemblables. Nous allons essayer de retracer en peu de mots la marche qu'il a suivie et les conséquences auxquelles il est parvenu.

» M. Vallée prend pour données expérimentales les indices de réfraction déterminés par MM. Brewster et Chossat pour la cornée, l'humeur aqueuse, les couches du cristallin et l'humeur vitrée; il adopte pareillement, comme étant les plus exactes, les courbures et les dimensions données par Sœmmering et surtout celles qui ont été obtenues par le docteur Krause : celles-ci appartiennent à des sujets différents qui avaient été frappés d'une mort accidentelle, et dont les yeux ont pu être presque

immédiatement soumis à toutes les expériences de mesure. Au moyen de ces éléments et des formules ordinaires, M. Vallée calcule le lieu où doit se faire l'image d'un point lumineux situé à diverses distances au-devant de l'œil, et il arrive à ce résultat singulier que, même pour les objets situés à l'infini, l'image se ferait sensiblement plus loin que la rétine ou la choroïde. Supposant ensuite que les courbures du docteur Krause peuvent être en erreur d'un dixième, et que pour les yeux humains les indices de réfraction doivent aussi être plus considérables et se rapprocher des indices les plus grands qui aient été obtenus et qui appartiennent à des yeux de carpe, il fait de nouveaux calculs, et trouve encore, malgré ces hypothèses évidemment exagérées, que la distance focale n'est pas suffisamment raccourcie. Il est donc conduit à cette conséquence, qu'en employant les véritables données physiques propres à la constitution de l'œil humain, telles qu'elles ont été données par l'observation, il est impossible que l'image d'un objet se fasse nettement sur la choroïde ou la rétine, quelle que soit la distance de cet objet au-devant de l'œil.

» M. Vallée examine ensuite l'influence de la dispersion et les conditions de l'achromatisme; mais, comme on ne connaît pas les pouvoirs dispersifs des différentes parties de l'organe, il essaie des formules d'interpolation pour les déterminer approximativement au moyen des résultats que Frauenhofer a obtenus avec tant de soins et d'exactitude pour un assez grand nombre de substances. Ces valeurs approchées étant soumises au calcul, on voit qu'elles ne pourraient en aucune sorte donner au fond de l'œil des images achromatiques, mais qu'elles donneraient essentiellement des images irisées; puis, en calculant l'étendue occupée par les diverses couleurs, on trouve qu'elle est trop considérable pour ne pas affecter la sensibilité de l'œil et troubler la vision. Sous ce deuxième rapport la théorie ordinaire paraît donc avoir aussi un irrémédiable défaut.

» Ainsi, soit que l'on considère simplement les distances focales, soit que l'on considère à la fois les distances focales et la dispersion, dans un cas comme dans l'autre on est conduit à reconnaître que les images seraient nécessairement confuses au fond de l'œil, si la constitution géométrique et physique de cet organe était en réalité telle qu'on l'admet d'après les expériences les plus précises qui aient été faites pour la déterminer.

» Les calculs qui conduisent à cette conséquence ont l'inconvénient d'être un peu longs; mais le fussent-ils beaucoup plus et en même temps beaucoup plus difficiles, on peut s'en rapporter à M. Vallée et avoir toute

confiance dans leur exactitude : c'est pourquoi nous nous bornons à en apprécier ici les résultats.

» Les physiciens savaient très bien que parmi les phénomènes de la vision il n'y en a pas un seul qui ait été soumis à une explication rigoureuse. On admet, il est vrai, d'une manière générale que la courbure antérieure de la cornée, que la forme du cristallin et les humeurs de l'œil sont destinées à faire converger les rayons sur la choroïde pour peindre des images parfaitement nettes, mais l'on ne sait en aucune sorte comment ce phénomène s'accomplit et quelle part y doivent prendre les divers éléments de l'organe.

» Quelques auteurs cependant allaient un peu plus loin : ils étaient disposés à admettre que pour la distance de la vision distincte, tout était combiné dans l'œil de manière que les images fussent parfaitement nettes et achromatiques, et en partant de cette hypothèse il restait seulement à chercher par quels moyens d'action la volonté pouvait accommoder l'œil à d'autres distances. Ainsi pour eux il y avait dans la vision deux questions séparées, l'une relative à la vision distincte, qu'ils regardaient comme résolue ; l'autre relative à l'ajustement de l'œil pour toutes les distances, qui était le seul point difficile.

» Les recherches de M. Vallée font voir qu'il n'en est pas ainsi, que les deux questions restent entières, que les données physiques recueillies jusqu'à ce jour ne résolvent ni la première ni la seconde, et qu'il est par conséquent nécessaire d'introduire de nouveaux éléments pour établir une théorie de la vision. Ces éléments dépendent-ils uniquement des promptes altérations que les courbures et les substances de l'œil peuvent éprouver dès les premiers instants qui suivent la mort, ou dépendent-ils de quelques autres circonstances organiques encore inconnues ou mal appréciées ? C'est un point sur lequel jusqu'à présent il serait impossible d'émettre une opinion suffisamment justifiée par les observations physiques ou physiologiques.

» Cependant, tout ce qui peut tendre à jeter quelque jour sur une question aussi délicate et aussi controversée, nous semble mériter un haut degré d'intérêt, et nous avons l'honneur de proposer à l'Académie de publier, dans les Mémoires des *Savants étrangers*, la méthode de calcul employée par M. Vallée, et les résultats auxquels il est parvenu. »

Après un long débat, les conclusions de ce Rapport sont adoptées.

MÉMOIRES LUS.

PHYSIQUE. — *Recherches sur la chaleur absorbée dans la fusion des corps, etc.; par* M. C. DESPRETZ. (Extrait.)

(Commissaires, MM. Gay-Lussac, Pouillet, Regnault.)

« Tout ce qui tient aujourd'hui plus ou moins directement à la constitution moléculaire ou aux poids atomiques des corps, présente un grand intérêt, à cause des relations nombreuses qui lient la chimie moderne à la physique moléculaire.

» L'optique, l'électricité, l'acoustique et la chaleur ont fourni chacune des données qui ont fait connaître plus intimement la nature des corps. Néanmoins, malgré les recherches multipliées dont s'est enrichie la science de la chaleur dans ces derniers temps, on ne possède rien sur la variation que fait éprouver à la capacité calorifique, le changement d'état des corps; on n'a que très peu de choses sur la chaleur absorbée pendant la fusion, deux points également importants et pour la chimie et pour la physique.

» J'ose espérer que le travail que j'ai l'honneur de présenter à l'Académie jettera quelque lumière sur ce sujet.

» La résolution complète de la question exige un grand nombre d'expériences. Il est indispensable de connaître: 1° le point de fusion; 2° la chaleur spécifique à l'état solide pour plusieurs températures; 3° la chaleur spécifique à l'état liquide; 4° la chaleur absorbée dans la fusion. Il est encore utile de mesurer le changement de volume dans la liquéfaction, afin de pouvoir estimer la part de l'expansion dans le phénomène.

» Black dut porter naturellement son attention sur le sujet qui nous occupe, puisqu'il eut le premier peut-être des idées nettes sur la chaleur latente, c'est-à-dire sur cette quantité de chaleur plus ou moins grande absorbée pendant la fusion ou la volatilisation, sans élévation ni abaissement de température. Mais comme il ne sépara ni l'effet dû à l'action du corps solide, ni l'effet dû à l'action du corps liquide, il obtint des résultats très éloignés de la vérité. Ainsi il trouva 277° pour la chaleur latente de l'étain, nombre vingt fois trop fort; pour la cire il trouva 97°, nombre aussi beaucoup trop considérable. Il versait simplement le corps fondu dans l'eau.

» M. Rudberg a pensé que la méthode des mélanges ne convient pas

pour la recherche des chaleurs de fusion, et lui a préféré la méthode du refroidissement, méthode qu'il reconnaît d'ailleurs n'être qu'approximative. On admettra aisément ce dernier point, quand on saura que ce physicien distingué, compare le temps nécessaire au corps fondu pour se refroidir de 10° dans la partie de l'échelle qui comprend le point de fusion du corps, avec le temps nécessaire au mercure pour se refroidir du même nombre de degrés dans la même partie de l'échelle. Cette comparaison ne peut conduire qu'à des résultats peu rigoureux, puisque, pendant la congélation du corps, la température et conséquemment la vitesse du refroidissement restent stationnaires, tandis que pendant le refroidissement du mercure la vitesse est sans cesse variable.

» Un obstacle qui paraît au premier abord devoir faire abandonner la méthode des mélanges, est la production d'une certaine quantité de vapeur d'eau, au moment de l'immersion du corps chaud dans l'eau froide. Si cet inconvénient était inévitable, il faudrait rejeter cette méthode pour l'estimation de la chaleur absorbée dans la fusion des corps; mais heureusement je suis parvenu à faire disparaître complétement cette cause d'erreur.

» L'appareil que j'emploie aujourd'hui, et avec lequel on évite la production de la plus petite quantité de vapeur, se compose d'une double boîte en laiton très mince. La partie extérieure de cette boîte, et qui sert de couvercle, présente une rainure circulaire profonde, qu'on remplit d'eau au moment de l'immersion, en sorte qu'il n'y a pas de perte de chaleur, puisque le corps chaud est enveloppé d'eau de toutes parts, quoique l'immersion ne soit complète qu'après une ou deux minutes. Ce dernier appareil ne nous paraît rien laisser à desirer. Seulement il faut éviter le contact de l'eau froide et du métal fondu, parce que la congélation subite d'une portion notable du métal produit un trouble dans l'expérience et souvent la projection d'une partie de ce métal hors de la boîte en tôle, mais non hors de l'eau. Tout restant dans l'eau, l'expérience peut être bonne; mais le travail est plus long, parce qu'il faut rassembler, fondre et peser le métal de nouveau. Quand on fait l'expérience, on place cette double boîte sur une table à côté du calorimètre. Un thermomètre donne la température de la boîte.

» La masse de matière sur laquelle on opère varie selon la nature du corps : plus la chaleur spécifique du corps est grande, plus le point de fusion est élevé, plus la quantité de matière doit être faible, à cause de la limite des thermomètres très sensibles employés pour la température du

calorimètre. Ainsi, pour le soufre, on opère sur 1 kilogramme, pour l'étain sur 2 kilog., pour le bismuth et le plomb sur 3 à 4 kilog.

» Le calorimètre consiste en un vase cylindrique en cuivre très mince. Il repose sur un support en bois très sec, taillé en biseau, avec lequel il n'a que quelques points de contact. Avec cette disposition le refroidissement ou l'échauffement, par l'action des corps environnants, est le même que si l'instrument était simplement suspendu dans l'air. Ce calorimètre contient environ 16 kilogrammes d'eau. On pèse l'eau à chaque expérience, dans une balance avec laquelle on peut peser 10 à 12 kilogrammes, à une fraction de gramme près.

» Trois thermomètres donnent la température au commencement et à la fin de l'expérience. Un seul serait insuffisant pour une aussi grande quantité d'eau. La faiblesse de l'élévation de la température exige l'emploi de thermomètres très sensibles. Chaque division de ceux dont je me suis servi a environ quatre millimètres de longueur et équivaut à 0,05 de degré centigrade. Cette grande sensibilité permet l'appréciation d'un demi-centième et même d'un quart de centième de degré. Il s'agit ici, bien entendu, d'un intervalle de température, et non d'une température absolue.

» On chauffe le métal dans une boîte en tôle. Deux tubes, fixés au fond de cette boîte, à égale distance du centre, contiennent les réservoirs de deux thermometres qui indiquent la température; on la corrige de l'action de l'air et on la rapporte au thermomètre à air d'après les données de MM. Dulong et Petit. Cette boîte ne reçoit pas directement l'impression de la chaleur du foyer; elle est renfermée dans une deuxième boîte, laquelle est aussi renfermée dans une troisième, qui est placée sur un fourneau. Cette double enveloppe augmente la durée de l'échauffement par le foyer, mais elle a l'avantage de diminuer la vitesse du refroidissement quand l'appareil est soustrait à l'action du feu, et rend ainsi l'appréciation de la température plus facile. Cette appréciation serait même impossible sans l'emploi d'un procédé propre à affaiblir la vitesse du refroidissement.

» Quand on desire, dans une expérience, porter le corps à une température déterminée, on chauffe l'appareil des trois boîtes jusqu'à ce que les thermomètres marquent une température inférieure d'un certain nombre de degrés à la température voulue. On ôte l'appareil du feu; la double boîte communique encore de la chaleur au corps; quand l'ascension est devenue lente, on porte le tout dans le lieu de l'observation, à une certaine distance du calorimètre; on attend que la température soit au plus haut point: on note alors la valeur du refroidissement pendant une minute ou une demi-

minute, afin d'estimer la perte dans le court intervalle du transport de la boîte remplie du corps dans la boîte en laiton dont il a été question. Celle-ci, aussitôt fermée, est plongée dans l'eau du calorimètre. Le poids et la température de cette enveloppe sont connus, la capacité du laiton a été donnée récemment par M. Regnault, on peut donc estimer l'influence de cette partie de l'appareil. On agite le liquide; au bout de quelques minutes on soulève et l'on abaisse avec précaution le couvercle de la boîte en laiton, afin de n'amener que peu d'eau à la fois sur le métal encore chaud. On sépare toutes les parties sous l'eau, on agite le liquide avec une espèce de cuiller en laiton d'un poids connu et l'on note la température de deux minutes en deux minutes.

» On atteint bien vite le maximum, on le dépasse; on compte le refroidissement plusieurs fois. On obtient ainsi et la température maximum, et la perte de l'appareil pendant le cours de l'expérience. Les réservoirs des thermomètres, longs de 16 centimètres, renferment une assez grande quantité de mercure; on en tient compte.

» On calcule alors l'effet total produit par le corps et par la boîte qui le renferme. On retranche du résultat l'effet que produit la boîte isolément à la même température.

» Je ne rapporte pas pour le moment les expériences que j'ai tentées sur le soufre, le phosphore et le mercure, parce que les expériences individuelles n'ont pas présenté assez d'accord entre elles. Je dirai néanmoins qu'on tire, de ces expériences pour le soufre solide, une capacité plus forte que celle qu'a obtenue M. Regnault, ce qui doit être, puisque l'intervalle de température, dans mes expériences, était plus étendu que dans celles de M. Regnault. Quant à la chaleur latente, elle paraîtrait plutôt en relation avec le poids atomique déduit de la densité de la vapeur trouvée par M. Dumas, qu'avec le poids atomique admis par les chimistes. Ce qui semblerait prouver que dans le soufre liquide, la disposition moléculaire se rapproche de ce quelle est à l'état gazeux.

» Il résulte de nos expériences, 1° que la capacité est plus grande à l'état liquide qu'à l'état solide; 2° que les chaleurs latentes sont à peu près en raison inverse des poids atomiques.

» Cette relation n'est qu'approximative. On conçoit, en effet, qu'il est difficile qu'elle soit rigoureuse, puisque déjà, comme je l'ai fait remarquer en 1836 (*Traité élémentaire de Physique*, page 153), la loi proposée sur le rapport inverse des poids atomiques et des chaleurs spécifiques n'est qu'approchée. En effet, si cette dernière loi était rigoureuse, elle entraîne-

rait comme conséquence cette autre loi, savoir, que la variation de la chaleur spécifique avec la température serait la même pour tous les corps, ce qui n'a pas lieu d'après les expériences mêmes de MM. Dulong et Petit. La loi sur la variation de la capacité n'était pas non plus possible, puisque les mêmes physiciens ont encore montré, par leurs belles recherches, que la dilatation des solides et des liquides suit un mode particulier d'accroissement pour chaque corps. Aussi les écarts qu'on avait remarqués dans la loi ont-ils été augmentés dans un grand travail qui a fixé récemment l'attention de l'Académie. La loi dont il est question, ne nous paraît pouvoir être vraie que pour les gaz, qui présentent, d'après M. Gay-Lussac, une dilatation uniforme. Nous nous permettrons cependant de faire remarquer que si les observations que nous avons faites sur l'accroissement de la compressibilité de beaucoup de gaz à mesure que la compression augmente, sont fondées, la loi du rapport inverse des poids atomiques et des capacités calorifiques ne serait rigoureusement vraie que pour l'azote et l'oxigène, qui suivent, d'après MM. Arago et Dulong, la loi de Mariotte à des pressions considérables. On pourrait y ajouter l'hydrogène.

» Il est visible qu'une loi qui a lieu pour des gaz également compressibles, cesse d'avoir lieu pour des gaz qui offrent une compressibilité inégale, quelle que soit d'ailleurs l'opinion qu'on se forme de la nature des gaz.

» On voit d'après cela que la relation que nous avons constatée ne peut être qu'approchée : en effet, si déjà l'inégale variation de la dilatation avec la température suffit pour s'opposer à la simplicité du rapport inverse des poids atomiques et des chaleurs spécifiques, une altération bien plus profonde, comme celle qui est déterminée par le changement d'état, doit troubler la loi davantage. En effet, l'eau, le bismuth augmentent de volume dans la congélation; le plomb, l'étain, le phosphore, le soufre, le mercure diminuent.

» Quoi qu'il en soit, il est démontré que pour le changement d'état aussi bien que pour le changement de température, il existe une liaison étroite entre le poids atomique et la quantité de chaleur absorbée. »

ACOUSTIQUE. — *Mémoire sur les vibrations des cordes chargées d'un nombre quelconque de curseurs; par* M. **Duhamel**. (Extrait.)

(Commissaires, MM. Cauchy, Savart, Sturm.)

« Lorsque Taylor a fait connaître la première solution du problème des cordes vibrantes, les géomètres qui ont voulu lui donner plus de rigueur

et de généralité, ont considéré d'abord un fil sans pesanteur, chargé d'un grand nombre de poids égaux distribués à égales distances sur sa longueur entière. Ils ont supposé ensuite que le nombre de ces poids augmentait indéfiniment, et que par conséquent les points où ils étaient appliqués se rapprochaient indéfiniment les uns des autres. En passant à la limite, et considérant la somme totale des poids comme invariable, ils obtenaient un fil parfaitement flexible, ayant un poids déterminé distribué uniformément sur toute sa longueur; et la formule qui réglait le mouvement de tous les points de ce fil s'obtenait en prenant la limite de celle qui se rapportait à un nombre arbitraire de points matériels.

» Lorsqu'ils eurent ainsi déterminé les lois du mouvement vibratoire des cordes, ils ne cherchèrent pas comment elles seraient modifiées par des masses que l'on attacherait en un certain nombre de leurs points, et qui seraient entraînées par elles dans leur mouvement. Ils n'ont jamais considéré ces masses, ou *curseurs*, que dans le cas où elles étaient attachées à des fils sans pesanteur. Peut-être les physiciens auront-ils fait quelques expériences sur le mouvement des cordes et des verges, chargées de curseurs, mais il ne les ont pas publiées, parce que sans doute ils n'auront découvert aucune loi simple; et je démontrerai qu'en effet ils ne pouvaient découvrir les lois qui régissent ces phénomènes, de quelque sagacité qu'ils fussent doués, et quelque grand que fût le nombre des expériences précises qu'ils auraient eues à leur disposition.

» Quoique ces recherches fussent assez intéressantes par elles-mêmes, je ne m'y suis livré qu'à l'occasion d'une autre question, à la solution de laquelle elles étaient tout-à-fait nécessaires. Cette question, dont je me propose d'entretenir une autre fois l'Académie, se rattache à un fait que M. Savart a fait connaître il y a long-temps, et qui se rapporte à la communication des mouvements vibratoires. Pour le moment je considère ces phénomènes en eux-mêmes, et indépendamment des applications qu'on en peut faire.

» Dans un premier Mémoire, que j'ai eu l'honneur de présenter il y a quelques mois à l'Académie, j'ai traité le cas d'un seul curseur, et j'ai montré l'accord remarquable de l'expérience et de la théorie.

» Dans celui-ci je considère un nombre quelconque de curseurs ayant des masses inégales, et distribués arbitrairement le long de la corde; et j'achève complétement tous les calculs en supposant ce nombre réduit à deux. Pour les mêmes valeurs des données, le système est susceptible d'une infinité de mouvements simples, correspondants à des sons différents et à des divisions nodales différentes. Cette série de mouvements et de sons

harmoniques est déterminée par les racines d'une équation transcendante peu compliquée, et qui devient même très simple dans le cas où les deux curseurs ont des masses égales et divisent la corde en parties égales. Il est à remarquer que dans une infinité de cas dont ce dernier fait partie, il existe des mouvements simples qui ne dépendent pas des racines de l'équation transcendante; et j'ai fait voir comment on peut les déterminer séparément. Il y aurait d'ailleurs le plus grand inconvénient à les négliger, parce qu'ils doivent entrer, comme les autres, dans l'expression du mouvement relatif à un état initial arbitraire.

» Cet état initial consiste dans les positions et les vitesses de tous les points au commencement du mouvement. C'est une des données que l'on prend ordinairement dans les applications du calcul à la physique. Mais j'ai dû considérer encore la question sous un autre point de vue, et supposer que le mouvement pouvait être imprimé au système au moyen d'un archet, et non par un simple écart de la position d'équilibre. D'après la théorie que j'ai donnée de l'action de l'archet, dans un Mémoire approuvé par l'Académie, j'ai été conduit à calculer le mouvement de la corde chargée de curseurs, et sollicitée par des forces constantes distribuées arbitrairement sur toute sa longueur. Il en est résulté un théorème analogue à celui que j'avais démontré dans le cas d'une simple corde, et qui ramène le mouvement à celui qui aurait lieu sans forces extérieures, en le rapportant à la position d'équilibre de la corde sous l'influence de ces forces.

» Les lois auxquelles j'ai été conduit par l'analyse n'étant que des déductions éloignées des données qui ont servi de point de départ, on pouvait craindre qu'elles ne se trouvassent différentes de celles que suivent réellement les phénomènes; et il était indispensable d'en faire la vérification par des expériences multipliées.

» J'ai choisi pour ces expériences une corde de chanvre, afin qu'elle eût plus de flexibilité qu'une corde métallique, ou même qu'une corde de boyau de masse égale. Sa longueur, sa masse et celles des deux curseurs étaient celles qui avaient servi de base au calcul particulier qu'il s'agissait de vérifier. J'ai marqué sur cette corde les points indiqués par ce calcul comme devant être les nœuds correspondants aux divers sons harmoniques, ou aux divers mouvements simples dont la corde était susceptible. Puis, pour vérifier ceux qui se rapportaient à un même mouvement, j'y ai appliqué de légers obstacles, qui n'empêchaient pas la communication du mouvement d'une partie à l'autre; et j'ai fait agir l'archet successive-

ment sur chacune d'elles. Le son était très distinct, et identique dans chacune des subdivisions de la corde, comme cela devait être si les points touchés étaient bien des nœuds correspondants à une même harmonique. Et d'ailleurs si l'on en touchait un seul, et qu'on mît la corde en vibration, les autres paraissaient immobiles, pendant que tous les points intermédiaires étaient animés d'un mouvement facile à apercevoir.

» Mais ces vérifications seraient insuffisantes, surtout celles qui consisteraient à reconnaître, à la vue simple, l'immobilité des points indiqués par la théorie. Et quant aux sons distincts et identiques que rendent les différentes parties de la corde quand on touche légèrement plusieurs nœuds correspondants, ils ne seraient pas altérés si l'on touchait des points peu distants des premiers, parce que la tendance naturelle à la régularité déterminerait la formation des nœuds qui pourraient le mieux s'accorder avec la presque immobilité des points touchés. Il était donc nécessaire de s'assurer directement si les nombres de vibrations exécutées par ces différentes parties de la corde étaient bien ceux que le calcul annonçait.

» J'ai employé à cet effet deux procédés différents. L'un consistait dans l'appréciation des intervalles musicaux qui séparaient le son rendu par la corde sans curseurs, et ceux qu'elle rendait lorsqu'elle en était chargée; l'autre est celui que j'avais déjà employé dans le cas d'un seul curseur, et qui consiste à compter, au moyen d'une pointe adaptée à la corde, le nombre de vibrations qu'elle fait, dans le même temps qu'une autre corde en fait un nombre déterminé. Comme j'ai décrit ce dernier dans un autre Mémoire, je me borne à le rappeler ici. Il m'a été principalement utile pour les sons très graves, qui sont souvent difficiles à apprécier, d'autant plus que la corde peut rendre plusieurs sons à la fois, et que le plus grave se fait quelquefois si peu entendre, qu'on peut entièrement le méconnaître, et prendre en sa place celui qui est le plus grave de ceux qu'on entend, et qui n'est pas celui qu'on cherche.

» Les valeurs que j'ai obtenues ainsi pour les rapports désignés par r et R sont les suivantes :

$$r_1 = 1{,}4322,\quad r_2 = 0{,}263,\quad r_3 = 0{,}1586;$$
$$R_1 = 0{,}7625,\quad R_2 = 0{,}296,\quad R_3 = 0{,}151.$$

» Les différences entre ces valeurs et celles que la théorie indiquait sont respectivement

$$+\,0{,}0005,\qquad -\,0{,}0088,\qquad -\,0{,}004,$$
$$+\,0{,}005,\qquad -\,0{,}01,\qquad -\,0{,}005.$$

» On voit qu'elles sont toutes très petites et sans aucune régularité, soit pour leurs signes, soit pour leurs grandeurs.

Autre série d'expériences.

» Dans les expériences précédentes les curseurs conservaient la même masse, et j'étudiais la loi des différents sons que la corde était susceptible de faire entendre. Dans celles-ci, au contraire, j'ai fait varier la masse des curseurs et j'ai cherché la loi suivant laquelle variait le son fondamental, c'est-à-dire le son le plus grave que la corde abandonnée à elle-même puisse faire entendre. Dans ce mouvement la corde ne présente aucun nœud, et la durée de la vibration est déterminée par la plus petite des racines de l'équation transcendante. J'ai considéré successivement pour la masse μ de chaque curseur, les quatre valeurs suivantes :

$$\mu = \tfrac{1}{2}\varepsilon l, \quad \mu = \varepsilon l, \quad \mu = \tfrac{3}{2}\varepsilon l, \quad \mu = 2\varepsilon l.$$

» Le rapport r_1 correspondant à la plus petite racine devait, d'après la théorie avoir respectivement les valeurs

$$r_1 = 1{,}23, \qquad r'_1 = 1{,}4317, \qquad r''_1 = 1{,}6093, \qquad r'''_1 = 1{,}7698.$$

L'expérience a donné les résultats suivants :

$$r_1 = 1{,}22, \qquad r'_1 = 1{,}4322, \qquad r''_1 = 1{,}5972, \qquad r'''_1 = 1{,}76935.$$

Les différences sont respectivement

$$-0{,}01, \qquad +0{,}0005, \qquad -0{,}0121, \qquad -0{,}00045,$$

et sont bien certainement renfermées dans les limites des erreurs que comportaient les expériences. Elles sont relativement moindres que celles qui correspondaient aux sons harmoniques ; et cela tient sans doute à ce que les circonstances physiques s'éloignent plus des hypothèses mathématiques lorsque la longueur de la partie vibrante devient beaucoup moindre, son diamètre restant constant. En résumé, *l'accord de l'expérience et de la théorie me paraît plus grand qu'il n'était nécessaire pour établir l'exactitude des lois que j'ai fait connaître.*

» Mais ces lois auraient-elles pu être découvertes par l'expérience seule, et le calcul n'a-t-il été là qu'un moyen plus direct et plus prompt d'y parvenir ? La réponse à cette question n'est pas douteuse : l'expérience était

absolument insuffisante. Et, en effet, elle pouvait bien faire connaître les rapports des nombres de vibrations de la corde, correspondants à un grand nombre de valeurs pour les masses des curseurs; mais il serait résulté de là *une table*, et non *une loi*.

» Et que serait-ce encore si, au lieu de faire varier seulement les masses des curseurs, on changeait leurs points d'application, la longueur de la corde, sa densité et sa tension? Or, en supposant cet immense travail exécuté avec précision, il est évident, d'après mon analyse, qu'il serait entièrement inutile, parce que ces phénomènes ne suivent pas des lois de proportionnalité directe ou inverse, en admettant même les puissances fractionnaires. Elles dépendent des racines d'une certaine équation transcendante, où les données entrent d'une manière très simple, il est vrai, mais qu'il était impossible de trouver par induction et par des considérations empiriques.

» Ainsi, dans ces recherches comme dans une multitude d'autres, l'analyse a été une méthode d'invention à laquelle rien ne pouvait suppléer; et en partant de données physiques générales, elle a conduit, sans aucun secours étranger, à des lois simples et précises, là où l'expérience la mieux dirigée ne pouvait fournir qu'un amas confus de faits particuliers sans liaison. »

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

PHYSIOLOGIE. — *Description des produits du phonateur humain; par* M. M. GARCIA.

(Commissaires, MM. Magendie, Savart, Dutrochet, Savary.)

Dans ce Mémoire l'auteur expose les résultats de ses recherches sur la voix, et principalement sur la voix chantée. En ayant égard aux parties de l'organe qui concourent principalement aux trois sortes de voix que peut produire un même individu, la *voix de fausset*, la *voix de poitrine* et enfin ce que quelques physiologistes nomment aujourd'hui *voix sombrée*, sorte de voix long-temps inconnue ou plutôt méconnue en France, mais dont en Russie les basses-tailles tirent grand parti pour accompagner les autres voix, M. Garcia désigne la première sorte de voix, ou pour employer ses expressions, le premier registre sous le nom de *sus-glottique*, le deuxième sous celui de *glottique* et le dernier sous le nom d'*arithéno-épiglottique*.

A chacun de ces registres correspondent diverses modifications relatives

au timbre, au volume, à l'éclat de la voix, modifications qui résultent du jeu des différentes parties du phonateur. M. Garcia s'attache à déterminer avec précision le rôle de chacune de ces parties; il indique encore les circonstances qui président à la production d'un son nasal ou guttural, et enfin il termine par quelques considérations sur la ventriloquie.

M. **Duchemin** prie l'Académie de vouloir bien charger une Commission d'examiner une nouvelle *voiture mécanique* qu'il a construite.

(Commissaires, MM. Gambey, Piobert, Séguier.)

M. **Monturier** soumet au jugement de l'Académie une *serrure de sûreté* de son invention.

(Commissaires, MM. Gambey, Séguier.)

CORRESPONDANCE.

M. **de Grégory** écrit que l'état de sa santé l'obligeant de séjourner à Paris pour un temps dont il ne peut prévoir la durée, il pense n'être plus dans les conditions nécessaires pour se présenter comme candidat à la place de correspondant vacante dans la section d'Économie rurale.

M. **Girardin**, professeur de chimie agricole à l'École d'agriculture du département de la Seine-Inférieure, demande à être compris dans le nombre des candidats pour la place de correspondant vacante dans la section d'Économie rurale, et adresse la liste de ses travaux.

(Renvoi à la section d'Économie rurale.)

ZOOLOGIE. — *Observations sur le mode de formation et le développement des zoospermes chez les batraciens.* — Lettre de M. **Pelletier**.

« Dans l'intéressant Mémoire que M. Lallemand a lu devant l'Académie des Sciences, lundi dernier, il est question de la production et des altérations que les zoospermes éprouvent dans certaines circonstances. Permettez-moi de rappeler qu'en 1834, à la Société des Sciences naturelles, et le 31 mars 1838, à la Société Philomatique, j'ai communiqué le résultat d'expériences et d'observations sur les zoospermes de la grenouille, dont

un extrait a été imprimé dans le numéro d'avril 1838 du journal *l'Institut*, page 132. J'indique dans cette Note une espèce de globules, autre que celle du sang, dans les testicules des jeunes grenouilles. Ces globules sont sphériques et subissent des changements particuliers : à mesure que les jeunes grenouilles approchent de l'état adulte et de l'époque des amours, on voit ces globules ronds se ponctuer, puis se framboiser. Les saillies s'allongent ensuite, collées les unes aux autres ; elles forment un cône strié qui prend un grand accroissement à l'époque des amours. Bientôt ces stries se séparent et présentent le globule surmonté d'un faisceau de filaments oscillants ; c'est un amas de zoospermes encore attachés par la tête et libres seulement par l'autre extrémité. Peu de temps après on les voit se détacher l'un après l'autre et abandonner le globule ponctué.

» J'ai de plus indiqué les transformations de ces animalcules qui, passant par tous les degrés intermédiaires, finissent par prendre la forme d'une coupelle ciliée, lorsque la mort n'en arrête pas la marche. Ces transformations sont d'autant plus rares qu'on remonte plus haut dans l'échelle animale ; cependant j'en ai trouvé les premiers signes dans le sperme du cheval après l'accouplement. »

PHYSIQUE APPLIQUÉE. — *Sur l'emploi de la vapeur d'eau pour éteindre les incendies.* — Lettre de M. **Fourneyron**.

« On a parlé de la vapeur d'eau comme ayant la propriété d'éteindre les incendies ; mais les cas dans lesquels on a pu constater cette propriété sont encore trop rares et trop peu connus pour que la communication que j'ai l'honneur de faire à l'Académie ne présente pas l'intérêt d'un fait vérifié.

» Le 24 octobre dernier je me trouvais dans une grande filature, lorsque le feu prit tout-à-coup dans le bâtiment même au-dessous duquel étaient trois grandes chaudières de machines à vapeur en pleine activité.

» Les ateliers furent aussitôt abandonnés, tous les ouvriers étant accourus, au nombre de quelques centaines, pour porter des secours à l'endroit où des matières très combustibles étaient déjà la proie des flammes : les machines furent arrêtées et la vapeur lâchée dans l'air *extérieur*. Le bruit avec lequel elle s'échappait me suggéra l'idée de tirer parti de cet agent et d'essayer d'en remplir tout l'espace occupé par le feu. Je pensai que la vapeur lancée avec abondance remplacerait en grande partie l'air

de la salle, refroidirait les surfaces en ignition et ralentirait au moins la combustion, si elle ne l'empêchait tout-à-fait.

» Il y avait d'autant plus d'urgence à tenter cet essai qu'une seule pompe à incendie avait pu être mise en jeu, et que, malgré l'activité avec laquelle elle était manœuvrée, elle restait impuissante contre les flammes qui sortaient menaçantes par toutes les fenêtres, et s'étendaient à une grande distance en dehors des murs.

» Les soupapes furent à l'instant même ouvertes comme il convenait; la vapeur lancée dans l'intérieur du bâtiment eut bientôt empli tout l'espace envahi par le feu, et en quelques minutes l'incendie fut éteint.

» Il est bon de dire que chacune des trois chaudières est capable de fournir la vapeur nécessaire à la production de trente chevaux de force, et que l'on a employé pendant quelques instants toute la vapeur d'un appareil de quatre-vingt-dix chevaux. »

PALÉONTOLOGIE. — *Sur une nouvelle caverne à ossements découverte près de Caunes, dans le département de l'Aude.* — Extrait d'une Lettre de M. **Marcel de Serres.**

« Ces cavernes sont ouvertes dans un marbre de transition, qui compose la presque totalité de la montagne située au nord du village de Caunes. C'est de cette montagne que l'on extrait les plus beaux marbres colorés du midi de la France, parmi lesquels on distingue particulièrement ceux qui sont connus dans les arts sous le nom de *griotte* et de *cervelas*. C'est entre les masses de ce dernier que sont ouvertes les cavernes, situées à un quart de lieue du village, près du moulin dit d'Andrieu. Les ossements y sont disséminés dans un limon rougeâtre, mêlé d'une grande quantité de cailloux roulés, pour la plupart calcaires, et analogues à ceux qui composent les montagnes environnantes. Ils sont pour la plupart brisés, fracturés, et mélangés d'une manière extrêmement confuse, et n'offrent donc aucun rapport de position avec celui qu'ils occupaient dans le squelette. Cependant on a découvert, dans une fissure extrêmement étroite de cette grotte, un squelette presque entier, d'un grand ours humatile, dont il a été impossible de reconnaître l'espèce, les ouvriers s'étant amusés à le briser et à le réduire en petits fragments. Ce squelette paraissait avoir été entraîné avec violence dans la place qu'il occupait, en partie remplie par des cailloux roulés.

» Les espèces dont nous avons observé jusqu'à présent les débris, dans les cavités souterraines de Caunes, sont bornées aux ours, aux hyènes, aux

loups ou aux chiens, et enfin aux chèvres. La seule de ces espèces, que nous avons pu reconnaître à l'aide des ossements qui nous en ont été montrés, paraît avoir appartenu à l'hyène des cavernes que nous avons décrite sous le nom d'*Hyæna spelæa.* »

PALÉONTOLOGIE. — *Note sur la découverte d'un squelette entier de Megaxytherium; par* M. MARCEL DE SERRES.

« Le genre *Megaxytherium* a été récemment établi par M. de Christol, sur différentes pièces osseuses se rapportant à un mammifère marin, qui paraît intermédiaire entre le Lamantin et le Dugong. C'est même sous ce dernier nom que nous avons décrit les restes nombreux de ce Cétacé, que nous avons rencontré dans les sables marins tertiaires supérieurs des environs de Montpellier.

» Le *Megaxytherium* se rapprochait beaucoup des Lamantins par la forme de sa tête et de ses maxillaires, et des Dugongs par celle de ses membres; les dents prenaient, par la détrition, la disposition en trèffle que présentent les machelières de l'hippopotame, et à tel point que lorsqu'on ne les voit pas implantées dans les maxillaires, si l'on ne prenait pas garde à la forme ou à la disposition de leurs racines, il serait difficile d'éviter la méprise; aussi l'a-t-on faite plus d'une fois, et, comme l'a fait voir M. de Christol, c'est à notre Cétacé qu'il faut rapporter les dents d'après lesquelles on avait cru pouvoir établir deux nouvelles espèces d'Hippopotame, *H. medius* et *H. dubius*.

» Un squelette à peu près entier de *Megaxytherium* a été récemment découvert (août 1840) dans une roche tertiaire, au milieu du massif de calcaire-moellon exploité à Beaucaire pour les constructions. Quant à ceux qui jusqu'à présent ont été observés dans les environs de Montpellier, c'est uniquement dans les sables marins tertiaires qu'ils ont été aperçus. On ne les a pas encore remarqués, du moins jusqu'à présent, aussi bas qu'à Beaucaire; mais ils existent dans des couches bien plus anciennes dans les départements de la Charente et de Maine-et-Loire, c'est-à-dire dans les terrains marins tertiaires inférieurs.

» L'individu de Beaucaire avait, du reste, de plus grandes dimensions que ceux recueillis à Montpellier, circonstance qui paraît avoir dépendu uniquement de leur âge relatif. Celui de la première de ces localités était tout-à-fait adulte, tandis que ceux de Montpellier étaient dans leur jeune âge, leurs dents de remplacement n'étant pas encore sorties de

leurs alvéoles. Aussi nous sommes en doute qu'il ait réellement existé plusieurs espèces de ce genre, d'autant que M. de Christol n'en a admis plusieurs qu'en se fondant sur leurs dimensions. Or, quoique celles du *Megaxytherium* de Beaucaire et de Montpellier soient assez différentes, ces individus n'ont pas présenté d'autres caractères propres à les faire considérer comme ayant réellement constitué deux espèces. »

M. Jacoby, de Tours, présente à l'Académie un jeune berger des environs de cette ville, chez lequel il a reconnu la faculté d'effectuer avec une facilité extrême, les calculs numériques les plus complexes. M. Jacoby a déjà pris note lui-même des procédés dont le jeune *Mandeux* fait usage. Ces procédés, l'enfant les développera lui-même devant les Commissaires de l'Académie.

Avant de désigner la Commission, M. le Président, sur la demande de plusieurs académiciens, permet qu'on adresse à M. Mandeux les deux questions suivantes :

Quel est le carré de 756? L'enfant répond presque aussitôt, 571536.

Combien y a-t-il de minutes dans 52 ans? L'enfant, qui a trouvé le problème trop simple, répond en très peu d'instants : 52 années de 365 jours chacune, se composent de 27331200 minutes et de 1639872000 secondes.

(Commissaires, MM. Arago, Cauchy, Serres, Liouville, Sturm.)

météorologie. — Les astronomes de l'Observatoire de Paris n'ont rien aperçu, cette année, qui puisse servir à constater les retours périodiques des étoiles filantes du milieu de novembre.

Dans la nuit du 11 au 12, ciel très nuageux et clair de lune;
Dans la nuit du 12 au 13, pluie;
Dans la nuit du 13 au 14, beau, mais brillant clair de lune;
Dans la nuit du 14 au 15, vapeurs et clair de lune;
Dans la nuit du 15 au 16, pluie;

Dans la nuit du 14 au 15, MM. Eugène Bouvard et Mauvais ont aperçu des éclairs dits de chaleur. Voici le texte de la Note, concernant ces éclairs, que M. Eugène Bouvard a remise à M. Arago : « Samedi 14 novembre, » j'ai vu et compté *huit* éclairs très brillants au N.-N.-O., de $8^h 15^m$ à $8^h 30^m$ » du soir. Il n'y avait pas un seul nuage sur l'horizon; les étoiles scintil» laient beaucoup et se voyaient même très près de l'horizon. Vers 6^h du

» soir j'avais déjà vu un éclair au N.-E. Le ciel était aussi très beau, » mais il y avait quelques petits nuages à l'horizon. »

ASTRONOMIE. — *Éléments paraboliques de la comète découverte à Berlin, par M. le docteur Bremicker, le 27 octobre 1840.*

La comète a été observée à Paris, les 6, 8, 9, 11 et 13 novembre. Les positions obtenues ces cinq jours, combinées avec les longitudes et les latitudes observées à Berlin les 27 et 28 octobre, ont donné à M. Laugier les éléments suivants :

Passage au périhélie, novembre 1840, t. m. de Paris....	13^j,9424
Distance périhélie..................................	1,49198
Longitude du périhélie..........	22° 16′ 5″
Longitude du nœud ascendant.....	248° 42′ 12″
Inclinaison..................	58° 22′ 25″
Mouvement, direct.	

Excès des positions observées sur les positions calculées d'après les éléments de M. Laugier.

DATES.	EXCÈS EN LONGITUDE *réduits en arcs de grand cercle.*	EXCÈS EN LATITUDE.	OBSERVATIONS.
1840.			
27 octobre.	— 0′ 0″	+ 0′ 12″	Observations faites à Berlin.
28	— 0′ 9″,8	+ 0′ [illegible]″	
6 novembre.	+ 0′ 29″,1	— 0′ 30″	
8	+ 0′ 48″,1	+ 0′ 20″	
9	+ 0′ 32″,2	— 0′ 48″	
11	+ 0′ 0″,0	— 0′ 1″	
13	+ 0′ 34″,3	+ 1′ 45″	

En employant les seules observations de Paris des 6, 9 et 13 novembre, M. Mauvais a trouvé, par une première approximation, les éléments qui

suivent :

Passage au périhélie, novembre 1840	11j,9081
Distance périhélie	1,50507
Longitude du périhélie	20° 12′ 49″
Longitude du nœud ascendant	248° 25′ 43″
Inclinaison	58° 47′ 46″
Mouvement, direct.	

M. Boutigny écrit d'Évreux, relativement à un bolide qu'il a observé le 2 novembre à 8 heures du soir. Ce météore s'est montré d'abord dans le voisinage de la Chèvre, et, se dirigeant du N.-E. au S.-E., il s'est éteint à 30° au-dessus de l'horizon : son éclat était très vif, quoique la lune fût à ce moment brillante.

MÉTÉOROLOGIE. — *Effets électriques du sirocco d'Afrique.* (Extrait d'une Lettre de M. de Lédinghen, lieutenant du Génie, à M. *Arago.*)

« Le 7 août 1840, parti de Blida à huit heures du matin pour porter à Douéra la correspondance du général Changarnier, je commandais 160 sapeurs que l'on renvoyait enfin du camp établi sur la cime des Beni-Salas, vers Alger, leur ancienne garnison.

» Après une journée de chaleur accablante, le temps était sombre; la lune éclairait donc bien peu notre route. Des éclairs nombreux étaient accompagnés d'un tonnerre lointain sur les montagnes de Beni-Menad, au fond de la Mitidja : quelques-uns apparaissaient aussi sur les cimes des Beni-Messaoud, à notre droite. Le vent se leva à neuf heures et demie, et après après avoir soufflé incertain du sud jusqu'à l'ouest, il se fixa au sud-ouest, précisément dans la direction du chemin. Il acquit bientôt plus de force, sa température annonçait le sirocco. Quand nous eûmes dépassé le blockhaus de Beni-Mezed, à dix heures, des tourbillons de la poussière épaisse du chemin commencèrent à nous environner et à suffoquer les hommes : il eût été impossible dès-lors de continuer à marcher si nous n'avions reçu le vent à dos. J'étais seul à cheval et en tête de la troupe, subissant donc le dernier, mais au-dessus des autres, l'action de l'air à laquelle se joignirent bientôt de nombreuses gouttes d'eau. Dès les premières bouffées je remarquai des étincelles passant à ma gauche; un peu d'attention me fit voir que le vent les faisait jaillir des franges de mon épaulette, formées de fils de soie et d'argent doré tressés. Plus les raffales devinrent vives et plus il jaillit d'étincelles : les mineurs qui me suivaient les

remarquaient. Vint un instant où l'action du vent et la poussière furent si violentes, que je dus, pour la deuxième fois, faire suspendre la marche et commander à la troupe de se coucher; les étincelles étaient abondantes comme celles que l'on obtient en soufflant sur un brasier de charbon de bois. L'effet électrique dont j'ai l'honneur de vous entretenir ne se manifesta jamais dans le corps de l'épaulette, entièrement composé d'argent doré. La soie a donc joué un grand rôle dans le phénomène raconté. L'officier qui marchait à pied au milieu des sapeurs n'a rien remarqué de ce genre; c'est que, de moyenne taille, il ne recevait point, comme moi sur un cheval, l'action du sirocco. J'ajouterai que le mouvement brusque, imprimé à dessein aux franges, ne modifiait pas l'émission du feu. »

M. **Arago** met sous les yeux de l'Académie une cassette, d'un travail très soigné, et un cippe surmonté d'une coupe, exécutés avec des bois préparés par le procédé de M. *Boucherie*, et qui ont acquis par cette préparation des teintes variées comme celles qui font rechercher pour les usages de l'ébénisterie divers bois étrangers. La coupe et son support sont en bois de poirier, la cassette est en platane.

M. l'abbé **Gottelland** écrit que, devant partir pour la *Chine* en qualité de missionnaire, il desirerait employer, dans l'intérêt des sciences, les moments dont les devoirs de son ministère lui permettront de disposer. Ayant enseigné la physique et l'astronomie, il croit pouvoir acquérir avant son départ, pendant quelques mois qu'il passera à Paris, la pratique des observations. Il prie l'Académie de vouloir bien lui indiquer la voie dans laquelle il pourra poursuivre le plus utilement ses recherches, et de s'intéresser pour lui faire obtenir les instruments nécessaires aux observations dont on le chargerait.

Cette lettre est renvoyée à l'examen d'une Commission composée de MM. Arago, Mathieu, Savary.

M. **Dailly** écrit, relativement aux heureux résultats qu'il a obtenus, dans les terres voisines d'une *fabrique de fécule de pommes de terre* située à Trappes, en employant à l'arrosement des champs, d'après le conseil de M. Payen, les eaux infectes de la féculerie, eaux qui, non-seulement étaient jusque là sans usage, mais qui devenaient très nuisibles en infectant les sources des villages voisins.

Avant d'être versées sur les terres auxquelles on les destine, les eaux

sont dirigées vers un réservoir situé à peu de distance de la fabrique, et là, au moyen d'une sorte de filtrage, on en sépare les matières solides qu'elles tenaient en suspension, matières qui forment un bon engrais.

M. **Maurice** adresse, pour prendre date, la figure et une courte description d'une *balance* qu'il a imaginée, et qu'il s'occupe en ce moment de faire construire par un habile artiste.

M. **Coubard**, inspecteur des lignes télégraphiques, adresse une Note sur la possibilité d'avertir les riverains d'un cours d'eau sujet à des *crues extraordinaires*, plusieurs heures avant qu'ils ne soient atteints par l'inondation.

M. **Arago** présente, au nom de M. *Hubert*, deux *images photographiques* remarquables, l'une en ce qu'elle offre des teintes très variées, depuis le bleu jusqu'au ton d'ocre jaune; l'autre en ce qu'elle offre un exemple de l'application faite avec un plein succès, du procédé de fixation de M. Fizeau, sur une épreuve obtenue depuis plus d'une année par la méthode ordinaire.

M. **Arago** met sous les yeux de l'Académie une image photographique, qui lui est adressée de Moscou par M. *Marin-Darbel*. Cette image a été fixée au moyen d'un procédé imaginé par M. *Grekoff*, procédé qui a aussi, comme celui de M. *Fizeau*, l'avantage de diminuer notablement le miroitage des plaques.

M. Marin-Darbel annonce que M. Grekoff est parvenu à obtenir des images daguerriennes sur d'autres métaux que l'argent, par exemple sur *cuivre* et sur *laiton*. Une autre découverte, qui n'a plus de rapport avec la photographie, consiste dans un moyen de transporter ou plutôt de *contrépreuver sur une plaque métallique, un dessin ou une gravure, sans nuire à l'original*, et d'obtenir ensuite, par une opération qui ne dure pas plus de vingt minutes, la *gravure du dessin contrépreuvé;* cette gravure on peut l'avoir à volonté en relief ou en creux, et, de l'une ou de l'autre façon, elle peut servir au tirage de plusieurs centaines d'épreuves.

M. **Denis** écrit qu'il a trouvé le moyen de prévenir les dangers qui résultent d'explosions dans les galeries de mines; qu'à l'aide d'un procédé dont l'application est facile, on pourra pénétrer, séjourner, agir dans les galeries souterraines envahies par un mélange explosif, et y être éclairé

sans être exposé à une détonation. Il offre de mettre ce procédé à l'épreuve dans une enceinte dont l'air sera mélangé d'une proportion d'hydrogène carboné suffisante pour le rendre très explosif.

M. Vallot écrit à l'occasion du fait observé par M. Forester sur la *phosphorescence des lombrics*, et cite divers passages relatifs à la phosphorescence, soit de ces annélides, soit de divers autres articulés. Il joint à sa Lettre une Note sur la *fécondation des œufs de l'Écrevisse*.

M. Amelin demande à reprendre un Mémoire sur les *Reconnaissances militaires*, qu'il avait adressé il y a quelques mois.

Ce Mémoire n'ayant pas encore été l'objet d'un Rapport, l'auteur sera autorisé à le reprendre.

M. Castera adresse une Note sur les moyens à l'aide desquels on pourrait, suivant lui, prévenir ou diminuer les accidents qui résultent du choc de deux locomotives ou de deux bateaux à vapeur.

M. Coulier annonce l'intention de rendre publics très prochainement, les procédés de galvanographie dont il a déjà déposé, sous enveloppe cachetée, une courte description. Dès à présent il fait savoir que, dans ces procédés, c'est un papier qui reçoit le dessin original et sur lequel se moule la planche métallique destinée à le reproduire.

M. Schiavoni adresse une Note relative à la trisection de l'angle.

Cette Note, conformément à un article du réglement de l'Académie, ne peut être renvoyée à l'examen d'une Commission.

M. Prisse transmet un *paquet cacheté* portant pour suscription : « Nouveau moyen d'appliquer le travail d'un moteur quelconque, et spécialement des machines à vapeur à la locomotion des bateaux. »

M. Lanet adresse également un *paquet cacheté*.

Le dépôt des deux paquets est accepté.

A 4 heures $\frac{1}{2}$ l'Académie se forme en comité secret.

La séance est levée à 5 heures. A.

Addition au Mémoire sur les calculs numériques; par M. AUGUSTIN CAUCHY.
(*Voyez* page 789.)

« *P. S.* Il est facile de convertir en addition la multiplication de deux nombres, lorsque le multiplicateur est écrit suivant le nouveau système avec les seuls chiffres

$$0,\ 1,\ 2,\ 3,\ 4,\ 5.$$

» En effet, admettons d'abord que tous ces chiffres soient positifs, et considérons le multiplicateur renversé dans une position fixe au-dessus du multiplicande. Pour obtenir la somme partielle des produits formés avec les chiffres correspondants des deux facteurs, il suffira évidemment de chercher la somme des chiffres du multiplicande placés sous les chiffres 4 et 5 du multiplicateur, puis d'ajouter au double de cette première somme les chiffres du multiplicande placés sous les chiffres 2 et 3 du multiplicateur, et enfin au double de la nouvelle somme ainsi calculée, les chiffres du multiplicande placés sous les chiffres impairs du multiplicateur. Cette règle s'étend au cas même où le multiplicateur offre des chiffres négatifs, pourvu qu'alors on prenne avec le signe — les chiffres correspondants du multiplicande. »

Errata. (Séance du 9 novembre.)

Page 732, ligne 18, *au lieu de* $\mathfrak{P}\mathfrak{D}x + \mathfrak{Q}\mathfrak{D}y$, *lisez* $\mathfrak{P}D_x + \mathfrak{Q}D_y$
Page 735, ligne 18, *au lieu de* D_t, *lisez* D_c
Page 737, ligne 8, *au lieu de* $\frac{1}{\mathfrak{D}\delta}$, *lisez* $\frac{1}{\alpha\delta}$
Page 768, ligne 7, *au lieu de* le 28 octobre, *lisez* le 27 octobre
ligne 13, *au lieu de* déclinaison 61° 38′ 32″, *lisez* déclinaison boréale 60° 38′ 32″.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

L'Académie a reçu dans cette séance les ouvrages dont voici les titres :

Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des Sciences; 2e semestre 1840, n° 19, in-4°.

Ostéographie, ou Description iconographique comparée du Squelette et du Système dentaire des cinq classes d'Animaux vertébrés récents et fossiles, pour servir de base à la Zoologie et à la Géologie; par M. DUCROTAY DE BLAINVILLE; 7e fascicule, in-4°, avec planches dessinées, sous sa direction, par M. VERNER, in-fol.

Éléments de Physique expérimentale et de Météorologie; par M. POUILLET; 3e édit., 2 vol. in-8°.

Des Maladies de la France dans leurs rapports avec les saisons; par M. le Dr FUSTER; 1840, 1er vol. in-8°.

Traité de la théorie élémentaire des Logarithmes; par M. VALLÈS; Paris, 1840, in-8°.

Histoire naturelle et Iconographie des Insectes coléoptères; par M. DE LA PORTE DE CASTELNAU; liv. 39—42, in-8°.

Revue générale de l'Architecture et des Travaux publics, sous la direction de M. C. DALY; feuille 38—41, avec deux planches, in-4°.

Mémorial encyclopédique; 10e année; oct. 1840, in-8°.

Journal de l'Institut historique; 7e année, tome XII, sept. 1840, in-8°.

Journal de la Société de Médecine pratique de Montpellier; nov. 1840, in-8°.

Journal de Pharmacie et des Sciences accessoires; nov. 1840, in-8°.

Recueil de la Société polytechnique; sept. 1840, in-8°.

Notice sur les Travaux de M. J. Girardin, professeur de chimie à Rouen; brochure in-4°.

Études sur les Glaciers; par M. L. AGASSIZ; in-8°, avec atlas de 32 planches in-fol.; Neufchâtel, 1840.

Mémoires de l'Académie impériale des Sciences de Saint-Pétersbourg. 6e série, *Sciences mathématiques et physiques;* tome 2e, 4e liv., in-4°.

Mémoires de l'Académie impériale des Sciences de Saint-Pétersbourg. 6e série, *Sciences naturelles;* tome 3, liv. 1—4, in-4°.

Mémoires de l'Académie impériale des Sciences de Saint-Pétersbourg. 6[e] série, *Sciences politiques, Histoire, Philologie;* tome 4[e], 4[e] et 5[e] liv., in-4°.

Recueil des Actes de la séance publique de l'Académie impériale des Sciences de Saint-Pétersbourg, tenue le 29 *déc.* 1838; in-4°.

Recueil des Actes de la séance publique de l'Académie impériale des Sciences de Saint-Pétersbourg, tenue le 29 *déc.* 1839; in-4°.

Bulletin scientifique publié par l'Académie impériale des Sciences de Saint-Pétersbourg, et rédigé par son secrétaire perpétuel; tomes 4, 5 et 6, et n° 1—18 du tome 7, in-4°.

Annales de la Société des Sciences médicales et naturelles de Bruxelles; in-8°.

The quarterley Review; n° 132, sept. 1840, in-8°.

The London.... *Journal de Sciences et Magasin philosophique de Londres, d'Édimbourg et de Dublin;* oct. 1840, in-8°.

The Athenœum, journal; n° 153, sept. 1840, in-4°.

Address of... *Adresse des secrétaires généraux de l'Association britannique,* MM. B.-J. MURCHISON et E. SABINE; in-8°.

Neue gattungen.... *Nouvelles espèces de Crustacés fossiles appartenant aux diverses formations, depuis le grès bigarré jusqu'à la craie; par* M. H. MEYER; Stuttgardt, 1840, in-8°.

Gazette médicale de Paris; n° 46.

Gazette des Hôpitaux; n° 132—135.

L'Expérience, journal de Médecine; n° 176, in-8°.

La France industrielle; 12 nov. 1840.

COMPTE RENDU

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 23 NOVEMBRE 1840.

PRÉSIDENCE DE M. PONCELET.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la résolution numérique des équations algébriques et transcendantes; par* M. A. CAUCHY.

§ I^er^. *Considérations générales.*

« J'ai donné, pour la résolution numérique des équations algébriques ou transcendantes, dans les *Comptes rendus* de 1837, une méthode dont le principe est tellement simple, qu'il pourrait être exposé dans les éléments d'algèbre. En effet, ce principe se réduit à la proposition suivante.

» *Théorème.* Soient

$$P, Q,$$

deux fonctions réelles et entières de x, ou, plus généralement, deux fonctions réelles dont chacune reste finie et continue, sinon pour des valeurs quelconques de la variable x, du moins entre certaines limites

$$x = a \quad \text{et} \quad x = b > a.$$

Supposons d'ailleurs qu'entre ces limites on ait constamment

$$P < Q.$$

Si les fonctions P, Q deviennent toutes deux positives, ou toutes deux négatives, pour $x = a$, alors, entre les limites

$$x = a, \quad x = b,$$

la plus petite racine réelle de l'équation

$$(1) \qquad P = 0$$

sera inférieure dans le premier cas, supérieure dans le second, à la plus petite racine réelle de l'équation

$$(2) \qquad Q = 0;$$

et au contraire, si les fonctions P, Q deviennent toutes deux positives, ou toutes deux négatives pour $x = b$, alors entre les limites

$$x = a, \quad x = b,$$

la plus grande racine réelle de l'équation (1) sera supérieure dans le premier cas, inférieure dans le second, à la plus grande racine réelle de l'équation (2).

» *Démonstration.* Pour fixer les idées, admettons d'abord que les fonctions P, Q deviennent toutes deux positives au moment où l'on prend $x = a$; et, en supposant que l'équation (2) offre des racines réelles comprises entre les limites

$$x = a, \quad x = b,$$

nommons c la plus petite de ces racines. On aura, pour $x = a$,

$$P > 0,$$

tandis que, pour $x = c$, la condition

$$(3) \qquad P < Q,$$

jointe à l'équation $Q = 0$, donnera

$$P < 0.$$

Donc, tandis que la variable x passera de la valeur a à la valeur c, la fonction P passera d'une valeur positive à une valeur négative. Donc cette fonction s'évanouira dans l'intervalle, et par suite l'équation

$$P = 0$$

offrira au moins une racine réelle comprise entre les limites a, c. Donc entre les limites $x = a$, $x = b$, la plus petite racine de l'équation $P = 0$ sera inférieure à la plus petite racine c de l'équation $Q = 0$.

» On démontrera de la même manière les trois autres parties du 1^{er} théorème.

» *Corollaire* 1^{er}. Supposons que les fonctions

$$P, \; Q,$$

toujours finies et continues entre les limites

$$x = a, \quad x = b > a,$$

vérifient entre ces limites la condition (3). Si, ces fonctions étant toutes deux positives pour $x = a$, ou pour $x = b$, l'équation (2) admet une ou plusieurs racines réelles comprises entre les limites a, b, on pourra en dire autant de l'équation (1); mais la réciproque n'est pas vraie, et l'équation (1) pourrait admettre une ou plusieurs racines réelles comprises entre a et b, sans qu'il en fût de même de l'équation (2). Ajoutons que, dans le premier cas, et entre les limites

$$x = a, \quad x = b,$$

la plus petite racine de l'équation (1) sera inférieure à la plus petite racine de l'équation (2), ou la plus grande racine de l'équation (1) supérieure à la plus grande racine de l'équation (2), suivant que la valeur de x pour laquelle les deux fonctions P, Q deviendront positives, sera a ou b.

» *Corollaire* 2^{me}. Supposons que les fonctions

$$P, \; Q,$$

toujours finies et continues entre les limites

$$x = a, \quad x = b > a,$$

vérifient entre ces limites la condition (3). Si, ces fonctions étant toutes deux négatives pour $x = a$ ou pour $x = b$, l'équation (1) admet une ou plusieurs racines réelles comprises entre les limites a, b, on pourra en dire autant de l'équation (2); mais la réciproque n'est pas vraie, et l'équation (2) pourrait admettre une ou plusieurs racines réelles comprises entre a et b, sans qu'il en fût de même de l'équation (1). Ajoutons que, dans le premier cas, et entre les limites

$$x = a, \quad x = b,$$

la plus petite racine de l'équation (2) sera inférieure à la plus petite racine de l'équation (1), ou la plus grande racine de l'équation (2) supérieure à la plus grande racine de l'équation (1) suivant que la valeur de x, pour laquelle les deux fonctions P, Q deviendront positives, sera a ou b.

» *Corollaire* 3^{me}. Les deux fonctions

$$\mathrm{P}, \ \mathrm{Q},$$

deviendront évidemment toutes deux positives, ou toutes deux négatives, pour une valeur particulière a ou b de la variable x, si elles remplissent alors la condition

$$(4) \qquad \mathrm{P} = \mathrm{Q}.$$

» Le théorème 1er entraîne ceux que nous allons énoncer.

» 2^e *Théorème*. Soit $f(x)$ une fonction réelle de x, qui reste finie et continue entre les limites

$$x = a, \quad x = b > a.$$

Pour obtenir entre ces limites deux quantités, l'une inférieure, l'autre supérieure à la plus petite des racines réelles de l'équation

$$(5) \qquad f(x) = 0,$$

on commencera par substituer à l'équation (5) les deux équations auxiliaires

$$(6) \qquad \varpi(x) = 0, \quad \psi(x) = 0,$$

les fonctions $\varpi(x)$, $\psi(x)$ étant elles-mêmes continues entre les limites

$x = a$, $x = b$, mais choisies de manière que l'on ait toujours dans cet intervalle

$$(7) \qquad \varpi(x) < \mathrm{f}(x) < \psi(x),$$

et en particulier, pour $x = a$,

$$(8) \qquad \varpi(a) = \mathrm{f}(a) = \psi(a).$$

Si chacune des équations (6) offre des racines réelles comprises entre a et b, l'équation (5) en offrira pareillement, la plus petite racine de l'équation (5) étant comprise entre les plus petites racines des équations (6). D'ailleurs, toutes les fois que l'équation (5) admettra des racines comprises entre a et b, on pourra en dire autant de la première ou de la seconde des équations (6), suivant que $\mathrm{f}(a)$ sera positif ou négatif, et la plus petite des racines dont il s'agit diminuera dans le passage de l'équation (5) à la première ou à la seconde des équations (6).

» 3[e] *Théorème.* Soit $\mathrm{f}(x)$ une fonction réelle de x, qui reste finie et continue entre les limites

$$x = a, \quad x = b > a.$$

Pour obtenir entre ces limites deux quantités, l'une inférieure, l'autre supérieure à la plus grande des racines réelles de l'équation

$$(5) \qquad \mathrm{f}(x) = 0,$$

on commencera par substituer à l'équation (5) les deux équations auxiliaires

$$(6) \qquad \varpi(x) = 0, \quad \psi(x) = 0,$$

les fonctions $\varpi(x)$, $\psi(x)$ étant elles-mêmes continues entre les limites $x = a$, $x = b$, mais choisies de manière que l'on ait toujours dans cet intervalle

$$(7) \qquad \varpi(x) < \mathrm{f}(x) < \psi(x),$$

et en particulier, pour $x = b$,

$$(9) \qquad \varpi(b) = \mathrm{f}(b) = \psi(b).$$

Si chacune des équations (6) offre deux racines réelles comprises entre a et b, l'équation (5) en offrira pareillement, la plus grande racine de l'équation (5) étant comprise entre les plus grandes racines des équations (6). D'ailleurs, toutes les fois que l'équation (5) admettra des racines comprises entre a et b, on pourra en dire autant de la première ou de la seconde des équations (6), suivant que $f(b)$ sera positif ou négatif, et la plus grande des racines dont il s'agit croîtra dans le passage de l'équation (5) à la première ou à la seconde des équations (6).

» 4° *Théorème.* Soit toujours $f(x)$ une fonction réelle de x qui reste finie et continue entre les limites

$$x = a, \quad x = b > a.$$

Soient encore

$$\varpi(x), \ \psi(x)$$

deux fonctions réelles de x qui, étant finies et continues entre ces limites, et choisies de manière à remplir constamment, dans cet intervalle, la condition (7), vérifient d'ailleurs chacune des formules (8) et (9). Si les quantités

$$f(a), \ f(b)$$

sont affectées de signes contraires, chacune des équations (6) et par suite l'équation (5) admettront des racines réelles comprises entre a et b; et, dans cet intervalle, les plus petites des racines des équations (6) fourniront deux limites, l'une inférieure, l'autre supérieure à la plus petite des racines de l'équation (5), tandis que les plus grandes racines des équations (6) fourniront deux limites, l'une inférieure, l'autre supérieure à la plus grande des racines de l'équation (5). Au contraire, si les quantités

$$f(a), \quad f(b),$$

sont affectées du même signe, chacune des équations (6) pourra offrir ou non des racines réelles comprises entre a et b, ces racines devant être en nombre pair; mais il suffira que ces deux équations offrent de telles racines pour que l'on parvienne encore aux conclusions que nous venons d'énoncer. De plus, si, dans cette dernière hypothèse, l'équation (5) admet des racines comprises entre a et b, on pourra en dire autant ou de la première ou de la seconde des équations (6), suivant que les quantités $f(a)$, $f(b)$ seront toutes deux positives ou toutes deux négatives. Donc alors la

première ou la seconde des équations (6) offrira, comme l'équation (5), au moins deux racines réelles comprises entre a et b; la plus petite de ces racines devant diminuer et la plus grande devant croître tandis que l'on passera de l'équation (5) à la première ou à la seconde des équations (6).

§ II. *Usage des fonctions interpolaires dans la résolution numérique des équations.*

» La considération des fonctions interpolaires permet d'appliquer très facilement les principes ci-dessus établis à la résolution numérique des équations algébriques ou transcendantes. En effet, $f(x)$ étant une fonction donnée de x, et

$$f(a, x), \quad f(a, b, x),$$

des fonctions interpolaires du premier et du second ordre, déterminées par les formules

$$(1) \qquad \begin{cases} f(a, x) = \dfrac{f(x) - f(a)}{x - a}, \\ f(a, b, x) = \dfrac{f(a, x) - f(a, b)}{x - b}, \end{cases}$$

on aura

$$(2) \qquad f(x) = f(a) + (x - a) f(a, x),$$

et

$$(3) \qquad f(x) = f(a) + (x - a) f(a, b) + (x - a)(x - b) f(a, b, x).$$

On trouvera de même

$$(4) \qquad f(x) = f(b) + (x - b) f(b, x),$$

$$(5) \qquad f(x) = f(b) + (x - b) f(a, b) + (x - a)(x - b) f(a, b, x).$$

D'ailleurs la formule (3) ne diffère pas de la formule (5). Car si l'on nomme $F(x)$ une fonction linéaire de x assujétie à vérifier les deux conditions

$$(6) \qquad F(a) = f(a), \qquad F(b) = f(b),$$

on aura identiquement

$$(7) \qquad \begin{aligned} F(x) &= f(a) + (x - a) f(a, b) \\ &= f(b) + (x - b) f(a, b), \end{aligned}$$

et par conséquent chacune des formules (3), (5), pourra être réduite à

$$(8) \qquad f(x) = F(x) + (x - a)(x - b) f(a, b).$$

» Soient maintenant

$$G, H,$$

deux quantités, l'une inférieure, l'autre supérieure aux diverses valeurs qu'acquiert la fonction

$$f(a, x), \quad \text{ou} \quad f(b, x), \quad \text{ou} \quad f(a, b, x),$$

tandis que l'on fait varier x entre les limites

$$x = a, \quad x = b.$$

On aura, en vertu de la formule (2),

$$(9) \qquad f(a) + G(x - a) < f(x) < f(a) + H(x - a);$$

ou, en vertu de la formule (4),

$$(10) \qquad f(b) + H(x - b) < f(x) < f(b) + G(x - b);$$

ou, en vertu de la formule (8),

$$(11) \qquad F(x) + H(x - a)(x - b) < f(x) < F(x) + G(x - a)(x - b).$$

Ajoutons que les trois membres de la formule (9) deviendront évidemment égaux pour $x = a$, ceux de la formule (10) pour $x = b$, enfin ceux de la formule (11), eu égard aux conditions (6), pour $x = a$ et pour $x = b$. Cela posé, les théorèmes 2, 3, 4 du § I[er] entraîneront évidemment les propositions suivantes :

» 1[er] *Théorème*. Soit

$$(12) \qquad f(x) = 0$$

une équation dont le premier membre $f(x)$ représente une fonction réelle de x, toujours finie et continue entre les limites

$$x = a, \quad x = b > a.$$

Soient de plus

$$G, H,$$

deux quantités, la première inférieure, la seconde supérieure aux diverses valeurs qu'acquiert, entre ces limites, la fonction interpolaire du premier ordre

$$f(a, x).$$

Si les racines réelles des deux équations

$$(13) \qquad f(a) + G(x - a) = 0, \quad f(a) + H(x - a) = 0,$$

c'est-à-dire les deux quantités

$$(14) \qquad a - \frac{f(a)}{G}, \quad a - \frac{f(a)}{H},$$

se trouvent toutes deux comprises entre a et b, l'équation (12), dans cet intervalle, offrira une ou plusieurs racines dont la plus petite sera certainement comprise entre les deux quantités (14). D'ailleurs, toutes les fois que l'équation (12) admettra des racines comprises entre a et b, on pourra en dire autant des expressions (14) ou au moins de l'une d'entre elles, savoir, de la première, si $f(a)$ est positif, de la seconde, si $f(a)$ devient négatif; et la première de ces expressions, dans le premier cas, ou la seconde, dans le second cas, offrira une nouvelle limite supérieure à la limite a, mais inférieure à la plus petite des racines dont il s'agit.

» 2e *Théorème.* La fonction réelle $f(x)$ étant toujours supposée finie et continue entre les limites

$$x = a, \quad x = b > a,$$

soient de plus

$$G, H,$$

deux quantités, la première inférieure, la seconde supérieure aux diverses valeurs qu'acquiert entre ces limites la fonction interpolaire du premier ordre

$$f(b, x).$$

Si les racines réelles des deux équations

$$(15) \qquad f(b) + G(x - b) = 0, \quad f(b) + H(x - b) = 0,$$

c'est-à-dire les deux quantités

$$(16) \qquad b - \frac{f(b)}{G}, \quad G - \frac{f(b)}{H},$$

se trouvent toutes deux comprises entre a et b, l'équation (12), dans cet intervalle, offrira une ou plusieurs racines dont la plus grande sera certainement comprise entre les quantités (16). D'ailleurs, toutes les fois que l'équation (12) admettra des racines comprises entre a et b, on pourra en dire autant de l'une au moins des expressions (16), savoir, de la première si $f(b)$ est positif, de la seconde si $f(b)$ devient négatif; et la première de ces deux expressions, dans le premier cas, ou la seconde dans le second cas, offrira une nouvelle limite, inférieure à la limite b, mais supérieure à la plus petite des racines dont il s'agit.

» 3ᵉ *Théorème.* La fonction réelle $f(x)$ étant toujours supposée réelle et continue entre les limites

$$x = a, \quad x = b > a,$$

soient de plus

$$G, H,$$

deux quantités, la première inférieure, la seconde supérieure aux diverses valeurs qu'acquiert entre ces limites la fonction interpolaire du second ordre

$$f(a, b, x);$$

et nommons $F(x)$ une fonction linéaire de x assujétie à vérifier les deux conditions (6), ou, ce qui revient au même, déterminons $F(x)$ à l'aide de l'équation (7). Si les deux quantités

$$f(a), f(b),$$

sont affectées de signes contraires, chacune des équations du second degré

$$(17) \quad F(x) + G(x-a)(x-b) = 0, \quad F(x) + H(x-a)(x-b) = 0,$$

offrira une seule racine réelle comprise entre les limites a, b, et les deux racines de cette espèce, fournies par les deux équations (17), compren-

dront entre elles une ou plusieurs racines de l'équation (12). Au contraire, si les deux quantités

$$f(a),\ f(b),$$

sont affectées du même signe, chacune des équations (17) pourra offrir ou non deux racines réelles comprises entre a et b; mais il suffira que ces deux équations offrent de telles racines, pour que l'équation (12) offre elle-même au moins deux racines réelles comprises entre a et b, la plus grande étant renfermée entre les plus grandes racines des équations (17), et la plus petite entre leurs plus petites racines. De plus, si, les quantités

$$f(a),\ f(b),$$

étant affectées du même signe, l'équation (12) admet des racines réelles comprises entre a et b, on pourra en dire autant ou de la première, ou de la seconde des équations (17), suivant que les quantités

$$f(a),\ f(b),$$

seront toutes deux positives, ou toutes deux négatives.

» Concevons mantenant que, la fonction $f(x)$ étant finie et continue avec ses dérivées du premier et du second ordre entre les limites

$$x = a,\quad x = b,$$

chacune des deux fonctions dérivées

$$f'(x),\quad f''(x),$$

conserve constamment le même signe entre ces limites. On pourra en dire autant des fonctions interpolaires

$$f(a,\ x),\quad f(a,\ x,\ x),$$

qui représenteront des valeurs de

$$f'(u),\quad \tfrac{1}{2}f''(v),$$

correspondantes à des valeurs u, v, intermédiaires entre a et x; et, comme

on aura d'ailleurs

$$f(a, x, x) = \frac{df(a, x)}{dx},$$

on peut affirmer que la fonction interpolaire

$$f(a, x)$$

non-seulement conservera toujours le même signe entre les limites

$$x = a, \quad x = b,$$

mais sera de plus, dans cet intervalle, et pour des valeurs croissantes de x, toujours croissante ou toujours décroissante, suivant que la dérivée du second ordre $f''(x)$ sera positive ou négative. Cela posé, les deux quantités, ci-dessus représentées par G, H, pourront être réduites, dans le premier théorème, l'une à $f(a, a) = f'(a)$, l'autre à $f(a, b)$; et dans le second théorème, l'une à $f(a, b)$, l'autre à $f(b, b) = f'(b)$. D'autre part, la fonction $f'(x)$ conservant toujours le même signe, par hypothèse, entre les limites $x = a$, $x = b$, la fonction $f(x)$ sera, dans cet intervalle, toujours croissante avec x, ou toujours décroissante; et par suite l'équation (12) n'offrira point de racines réelles renfermées entre a et b, ou offrira une seule racine de cette espèce, suivant que les deux quantités

$$f(a), \quad f(b),$$

seront affectées du même signe, ou de signes contraires. Enfin, si l'on nomme k la racine unique de l'équation

(18) $$F(x) = 0,$$

on aura évidemment, en vertu de la formule (7),

(19) $$k = a - \frac{f(a)}{f(a, b)} = b - \frac{f(b)}{f(a, b)},$$

ou, ce qui revient au même,

(20) $$k = \frac{af(b) - bf(a)}{f(b) - f(a)};$$

et, comme

$$f(a, b)$$

représentera une valeur de $f'(x)$ correspondante à une valeur de x intermédiaire entre a et b, par conséquent une quantité comprise entre

$$f'(a), \quad f'(b),$$

il est clair que, si $f(a)$, $f(b)$ sont affectées de signes contraires, les différences

$$a - \frac{f(a)}{f'(a)}, \quad b - \frac{f(b)}{f'(b)},$$

seront toutes deux inférieures ou toutes deux supérieures à la valeur de k donnée par la formule (19). Or, en ayant égard aux observations que nous venons de faire, on déduira immédiatement des théorèmes 1 et 2 la proposition suivante.

» 4e *Théorème.* Soit $f(x)$ une fonction réelle de x qui demeure finie et continue, avec ses dérivées du premier et du second ordre, entre les limites

$$x = a, \quad x = b > a;$$

et supposons que des trois fonctions

$$f(x), \quad f'(x), \quad f''(x),$$

la première seule change de signe, tandis que l'on passe de la première limite à la seconde. Une seule racine de l'équation (12) se trouvera renfermée, non-seulement entre les limites données

$$a \text{ et } b,$$

mais aussi entre deux limites plus rapprochées dont l'une sera la quantité k, l'autre pouvant se réduire à celle des deux différences

$$a - \frac{f(a)}{f'(a)}, \quad b - \frac{f(b)}{f'(b)}, \tag{21}$$

qui sera la plus voisine de k, ou bien encore à la première de ces différences, quand le signe de $f(a)$ sera celui de $f''(a)$, et à la seconde dans le cas contraire.

» *Corollaire.* a et b étant considérés comme représentant deux valeurs approchées en plus et en moins d'une racine réelle de l'équation (12), le théorème précédent fournira le moyen d'obtenir de nouvelles valeurs approchées de la même racine en augmentant le degré d'approximation. La substitution de l'une des différences (21) à l'une des premières valeurs

approchées a ou b, constitue la méthode d'approximation de Newton. M. Fourier a proposé de joindre à l'une de ces différences, considérée comme limite de la racine cherchée, la quantité k qui offre une seconde limite opposée à la première. Lorsque l'on représente la fonction $f(x)$ par l'ordonnée d'une courbe dont x est l'abscisse,

$$f(a), \quad f(b),$$

sont les ordonnées particulières des points A, B, qui répondent aux deux abscisses

$$x = a, \quad x = b,$$

et les expressions (20), (21), se confondent avec les abscisses des points où l'axe des x est rencontré, 1° par la corde AB, 2° par les droites qui touchent la courbe aux points A et B.

» Les raisonnements par lesquels nous avons déduit des théoremes 1 et 2 le théorème 4, servent aussi à déduire du 3e théorème la proposition suivante.

» 5e *Théorème*. Soit $f(x)$ une fonction réelle de x qui demeure finie et continue, avec ses dérivées des trois premiers ordres, entre les limites

$$x = a, \quad x = b > a;$$

et supposons que chacune de ces deux fonctions dérivées

$$f''(x), \quad f'''(x),$$

conserve constamment le même signe entre ces limites. Une racine au plus de l'équation dérivée

$$f'(x) = 0,$$

et deux racines au plus de l'équation

$$f(x) = 0,$$

se trouveront renfermées entre les limites dont il s'agit. Si d'ailleurs la fonction $f(x)$ change de signe entre les limites $x = a$, $x = b$, ou, en d'autres termes, si les quantités

$$f(a), \quad f(b)$$

sont affectées de signes contraires, l'équation (12) offrira certainement une racine réelle, mais une seule, comprise non-seulement entre les limites données

$$a \quad \text{et} \quad b,$$

mais encore entre d'autres limites plus rapprochées qui seront racines des équations du second degré

$$(22)\ F(x)+(x-a)(x-b)\,f(a,a,b)=0,\ F(x)+(x-a)(x-b)f(a,b,b)=0.$$

Au contraire, si les quantités

$$f(a),\ f(b),$$

sont affectées du même signe, l'équation (12) n'offrira point de racines réelles comprises entre les limites a, b, ou en offrira deux de cette espèce; et le dernier cas aura certainement lieu, si chacune des équations (22) offre de telles racines. Ajoutons que, si, les quantités

$$f(a),\ f(b),$$

étant affectées du même signe, l'équation (12) offre des racines réelles comprises entre a et b, on pourra en dire autant de la première ou de la seconde des équations (22), savoir de la première si les quantités $f(a)$, $f(b)$, sont négatives, et de la seconde si les quantités $f(a)$, $f(b)$, sont positives. Donc alors la première ou la seconde des équations (22) offrira, comme l'équation (12), deux racines réelles comprises entre a et b, l'une inférieure à la plus petite des deux racines de l'équation (12), l'autre supérieure à la plus grande de ces deux racines.

» *Corollaire.* a et b étant considérées comme représentant deux valeurs approchées en plus et en moins d'une ou de deux racines réelles de l'équation (12), le théorème précédent fournira le moyen d'obtenir de nouvelles valeurs approchées de cette racine ou de ces deux racines, en augmentant le degré d'approximation.

» Lorsque les conditions énoncées dans les théorèmes 4 ou 5 ne sont pas remplies, alors, pour obtenir des valeurs de plus en plus approchées des racines de l'équation (12) comprises entre a et b, on pourra recourir aux théorèmes 1, 2, 3. Mais, pour faire l'application de ces théorèmes, on devra calculer les valeurs des quantités qui s'y trouvent désignées par G et H.

Ce calcul pourra s'effectuer, dans un grand nombre de cas, à l'aide des considérations suivantes.

» Concevons que l'on ait

$$(23) \qquad f(x) = \varphi(x) - \chi(x),$$

$\varphi(x)$, $\chi(x)$ désignant deux fonctions réelles de x, dont chacune reste, avec ses dérivées du premier et du second ordre, toujours finie et continue, et toujours croissante, depuis la limite $x = a$ jusqu'à la limite $x = b$. On pourra en dire autant de chacune des fonctions interpolaires

$$(24) \quad \varphi(a, x),\ \varphi(b, x),\ \varphi(a, b, x);\quad \chi(a, x),\ \chi(b, x),\ \chi(a, b, x).$$

Car, dans l'hypothèse admise, chacune des fonctions dérivées

$$\varphi''(x),\ \varphi'''(x);\quad \chi''(x),\ \chi'''(x),$$

restera toujours positive entre les limites $x = a$, $x = b$; et par suite, les dérivées des expressions (24), c'est-à-dire les fonctions

$$\varphi(a, x, x), \varphi(b, x, x), \varphi(a, b, x, x);\quad \chi(a, x, x), \chi(b, x, x), \chi(a, b, x, x),$$

seront elles-mêmes positives dans cet intervalle, chacune d'elles se réduisant alors à la moitié ou au sixième d'une certaine valeur de l'une des fonctions dérivées

$$\varphi''(x),\ \varphi'''(x);\quad \chi''(x),\ \chi'''(x).$$

Donc, puisqu'une fonction croît toujours quand sa dérivée est positive, on peut affirmer que, pour des valeurs de x comprises entre a et b, les valeurs des fonctions (24) seront respectivement supérieures aux six quantités

$$\varphi(a, a),\ \varphi(b, a),\ \varphi(a, b, a);\quad \chi(a, a),\ \chi(b, a),\ \chi(a, b, a),$$

ou, ce qui revient au même, aux six quantités

$$\varphi(a, a),\ \varphi(a, b),\ \varphi(a, a, b);\quad \chi(a, a),\ \chi(a, b),\ \chi(a, a, b),$$

mais respectivement inférieures aux six quantités

$$\varphi(a, b),\ \varphi(b, b),\ \varphi(a, b, b);\quad \chi(a, b),\ \chi(b, b),\ \chi(a, b, b).$$

Comme on aura d'ailleurs généralement

$$f(a, x) = \varphi(a, x) - \chi(a, x), \quad f(b, x) = \varphi(b, x) - \chi(b, x),$$
$$f(a, b, x) = \varphi(a, b, x) - \chi(a, b, x),$$

il est clair que les valeurs des quantités ci-dessus représentées par G, H pourront être réduites, dans le théorème 1er, à

(25) $$G = \varphi(a, a) - \chi(a, b), \quad H = \varphi(a, b) - \chi(a, a);$$

dans le 2e théorème,

(26) $$G = \varphi(a, b) - \chi(b, b), \quad H = \varphi(b, b) - \chi(a, b);$$

enfin, dans le 3e théorème, à

(27) $$G = \varphi(a, a, b) - \chi(a, b, b), \quad H = \varphi(a, b, b) - \chi(a, a, b).$$

» Comme, pour des valeurs de x comprises entre a et b, chacune des fonctions

$$\varphi(a, x), \quad \varphi(b, x) \quad \text{ou} \quad \chi(a, x), \quad \chi(b, x),$$

pourra être représentée par

$$\varphi'(u) \quad \text{ou} \quad \chi'(v),$$

et la fonction

$$\varphi(a, b, x) \quad \text{ou} \quad \chi(a, b, x),$$

par

$$\tfrac{1}{2}\varphi''(u) \quad \text{ou} \quad \tfrac{1}{2}\chi''(v),$$

u, v désignant encore des quantités comprises elles mêmes entre a et b; il en résulte qu'on pourra supposer encore, dans les théorèmes 1 et 2,

(28) $$G = \varphi'(a) - \chi'(b), \quad H = \varphi'(b) - \chi'(a),$$

et dans le théorème 3,

(29) $$G = \tfrac{1}{2}[\varphi''(a) - \chi''(b)], \quad H = \tfrac{1}{2}[\varphi''(b) - \chi''(a)].$$

» Au reste, dans l'application des théorèmes 1, 2, 3 à la détermination d'une ou de deux racines réelles de l'équation (12), il convient de choisir

les quantités G, H, de manière à ce qu'elles se trouvent rapprochées le plus possible l'une de l'autre, et pour cette raison il convient de préférer aux valeurs de G, H, fournies par les formules (28), (29), celles que déterminent les formules (25), (26) et (27). Pour la même raison, toutes les fois que les conditions énoncées dans les théorèmes 4 et 5 se trouvent remplies, il convient d'appliquer ces théorèmes plutôt que les théorèmes 1, 2, 3; en d'autres termes il convient de prendre pour G, H, ou deux des trois quantités

$$f(a, a), \quad f(a, b), \quad f(b, b),$$

ou les deux quantités

$$f(a, a, b), \quad f(a, b, b).$$

» Lorsque la fonction $f(x)$ est présentée sous la forme qu'indique l'équation (23), alors, pour que chacune des fonctions

$$f'(x), \quad f''(x),$$

conserve toujours le même signe entre les limites $x = a$, $x = b$, conformément aux conditions énoncées dans le théorème 4, il suffit évidemment que les valeurs de G, H déterminées par la première et par la seconde des formules (28) ou (29) soient affectées du même signe, c'est-à-dire que l'on ait

$$(30) \qquad \begin{cases} [\varphi'(a) - \chi'(b)]\,[\varphi'(b) - \chi'(a)] > 0, \\ \text{et } [\varphi''(a) - \chi''(b)]\,[\varphi''(b) - \chi''(a)] > 0. \end{cases}$$

» Pareillement, pour que chacune des fonctions

$$f''(x), \quad f'''(x),$$

conserve toujours le même signe entre les limites $x = a$, $x = b$, conformément aux conditions énoncées dans le théorème 5, il suffira que l'on ait

$$(31) \qquad \begin{cases} [\varphi''(a) - \chi''(b)]\,[\varphi''(b) - \chi''(a)] > 0, \\ \text{et } [\varphi'''(a) - \chi'''(b)]\,[\varphi'''(b) - \chi'''(a)] > 0. \end{cases}$$

» Lorsque, les limites a, b étant positives, $f(x)$ représente une fonction entière de x, on peut, dans l'équation (23), réduire la fonction $\varphi(x)$

à la somme des termes positifs du polynome $f(x)$, et $-\chi(x)$ à la somme des termes négatifs.

» Dans un autre article, nous montrerons les grands avantages que présentent, pour la résolution numérique des équations algébriques ou transcendantes, les théorèmes et les formules que nous venons d'établir. »

CALCULS NUMÉRIQUES. — *Sur les moyens de vérifier ou de simplifier diverses opérations de l'arithmétique décimale; par* M. AUGUSTIN CAUCHY.

§ I[er]. *Multiplication approximative.*

« Dans le *Compte rendu* de la dernière séance, j'ai indiqué un principe qui fournit une preuve très sûre, non-seulement de l'addition et de la soustraction arithmétiques, mais encore de la multiplication; et j'ai ajouté que l'application de ce principe pouvait être facilement étendue au cas où il s'agit de calculer la valeur non pas exacte, mais approchée, du produit de deux nombres, avec un degré d'approximation donné. En effet, pour vérifier l'exactitude de l'opération, il suffit d'arrêter au-dessus du multiplicande le multiplicateur renversé, dans la position où l'on doit commencer à en faire usage, puis de calculer la somme des produits partiels que fourniraient les divers chiffres du multiplicande respectivement multipliés par les chiffres correspondants non du multiplicateur, mais d'un facteur auxiliaire qui lui serait superposé. Pour obtenir ce facteur auxiliaire, que nous appellerons le *vérificateur*, il faut, en conservant dans le multiplicateur le premier chiffre, c'est-à-dire le chiffre qui représente les unités de l'ordre le plus élevé, remplacer le second, le troisième, le quatrième... chiffre par la somme faite des deux premiers, des trois premiers, des quatre premiers... chiffres.

» Pour donner un exemple de la preuve dont il est ici question, concevons que l'on se propose d'obtenir la circonférence d'un cercle dont le rayon, exprimé en mètres, aurait pour valeur, à 1 millimètre près, le nombre

$$1020,312.$$

Il s'agira de multiplier l'un par l'autre les deux nombres

$$1020,312\ldots,\qquad 3,1415926\ldots;$$

et, comme une erreur de 1 millimètre dans le rayon en produit une de plus de 3 millimètres dans la circonférence, il est clair qu'on ne pourra compter sur le chiffre des millièmes du produit, et qu'en conséquence on n'aura pas d'intérêt à former les sommes partielles qui resteraient inférieures à un centième. D'ailleurs, dans la multiplication de deux facteurs donnés, le nombre qui exprime une somme partielle de produits de même ordre ne peût jamais surpasser le produit du plus grand chiffre du multiplicateur par la somme des chiffres du multiplicande, ou même par la plus grande somme que l'on puisse former en ajoutant l'un à l'autre autant de chiffres du multiplicande qu'il y a de chiffres dans le multiplicateur. Donc dans la multiplication des deux facteurs

$$1020,312\ldots, \qquad 3,1415926\ldots,$$

dont l'un quelconque, le second, par exemple, peut être pris pour multiplicande, le nombre qui exprimera une somme partielle de produits de même ordre ne surpassera jamais le produit 90 du plus grand chiffre 3 du multiplicateur par la plus grande somme

$$9+6+5+4+3+2+1=30$$

que l'on puisse former avec sept chiffres du multiplicande. Il y a plus, le nombre qui exprimera une somme partielle de produits d'un ordre donné, augmentée des reports faits sur les sommes partielles de produits d'un ordre moindre, sera évidemment inférieur au produit 93 du nombre 3 par la somme

$$9+7+5+4+3+2+1,$$

c'est-à-dire à ce que deviendrait le produit 90, précédemment calculé, si l'on augmentait d'une unité le dernier chiffre de chacun des facteurs

$$1020,312\ldots; \quad 3,1415926\ldots,$$

de manière à leur substituer les facteurs suivants

$$1020,313\ldots; \quad 3,14159267\ldots$$

Donc, dans le cas présent, chaque somme partielle des produits d'un ordre donné, augmentée même des reports faits sur les sommes partielles des pro-

duits d'un ordre moindre, se trouvera toujours exprimée par un nombre inférieur à 100; et, pour obtenir, à un centième près, le produit des deux facteurs

1020,312..., 3,1415926...,

il suffira d'écrire sur une bande de papier mobile le multiplicateur renversé, puis d'amener le chiffre de ses unités simples, au-dessus du quatrième chiffre décimal, c'est-à-dire du chiffre des dix-millièmes du multiplicande, et de commencer à cet instant la formation des sommes partielles qui pourront être vérifiées à l'aide de la règle ci-dessus énoncée. L'opération tout entière peut être disposée comme il suit:

Multiplication approximative avec la preuve.

Vérificateur renversé..	9 9 7 6,3 3 1 1	120		
Multiplicateur renversé.	2 1 3,0 2 0 1			
Multiplicande.........	3,1 4 1 5 9 2 6			
	1 2 1 3 3	10	10	
	3 1 0 3 2 7 1 3	20	20	
Report..............	1	120	1	1
Produit.............	3 2 0 5,4 0 4 3		31	21
				31

» Ici l'addition des sommes partielles

33, 31, 17, 22, 3, 10, 1, 3,

formées avec les produits de l'ordre des dix-millièmes ou d'un ordre supérieur, donne pour résultat le nombre 120; et, pour vérifier ces sommes, il suffit d'observer que l'on retrouve le même nombre 120, lorsqu'on ajoute entre eux les produits partiels

6, 2, 27, 15, 6, 28, 9, 27,

des divers chiffres du multiplicande par les chiffres correspondants du vérificateur renversé. D'ailleurs, pour obtenir le vérificateur, c'est-à-dire le nombre

1133,6799...;

il faut conserver le premier chiffre 1 du multiplicateur

$$1020,312\ldots$$

en substituant au second, au troisième, au quatrième... chiffre, les sommes

$$1+0,\quad 1+0+2,\quad 1+0+2+0,\ldots,$$

formées avec les deux premiers, les trois premiers, les quatre premiers... chiffres. Les sommes partielles que l'on a calculées étant vérifiées comme on vient de le dire, on les ajoute entre elles pour en tirer la valeur approchée du produit des facteurs donnés; et, pour vérifier cette dernière addition, il suffit de s'assurer que le même nombre 31 exprime, d'une part, la somme totale

$$20+10+1$$

des chiffres contenus dans les divers nombres qui représentent les sommes partielles et les reports, et, d'autre part, la somme 21 des chiffres du produit

$$3205,4043$$

augmentée d'autant de dixaines que les chiffres des reports offrent d'unités.

» Après avoir déterminé, comme on vient de le dire, la valeur approchée du produit des facteurs donnés, on doit supprimer dans cette valeur approchée les chiffres incertains, c'est-à-dire ici les deux derniers chiffres. Donc, si l'on multiplie l'un par l'autre les deux facteurs

$$1020,312\ldots\quad\text{et}\quad 3,1415626\ldots,$$

dont le premier n'est exact, par hypothèse, qu'à un millième près, la valeur du produit, exacte à un centième près, sera

$$3205,40.$$

» Lorsque le degré d'approximation que l'on recherche exige, comme dans l'exemple précédent, que le nombre des chiffres du vérificateur surpasse le nombre des chiffres du multiplicateur donné, les derniers chiffres du vérificateur doivent être évidemment égaux entre eux et à la somme des chiffres du multiplicateur donné. Il en résulte que, dans le cas où la mul-

tiplication doit fournir non plus la valeur approchée, mais la valeur complète d'un produit de deux facteurs, la preuve ci-dessus exposée se réduit à celle qui a été développée dans le *Compte rendu* de la dernière séance.

» La preuve de la multiplication approximative peut être facilement étendue au cas même où quelques-unes des sommes formées avec les deux, les trois, les quatre... premiers chiffres du multiplicateur se trouveraient représentées par des nombres de plusieurs chiffres, par exemple par des nombres de deux chiffres. Alors on considérerait chacun de ces nombres comme composé de dixaines et d'unités que l'on écrirait dans une même colonne verticale, mais dans deux lignes horizontales superposées l'une à l'autre, au-dessus du chiffre correspondant du multiplicateur. Donc alors, au lieu d'un seul vérificateur on en aurait deux en quelque sorte; et les deux sommes de produits partiels, déduites de l'un et de l'autre, devraient être considérées comme représentant, l'une des unités simples, l'autre des dixaines.

» Concevons, pour fixer les idées, qu'il s'agisse d'obtenir, à 1 cent-millième près, le carré du rapport entre la circonférence et le diamètre. L'opération pourra être disposée comme on le voit ici.

Multiplication approximative avec la preuve.

Vérificateurs renversés..	3 2 2 1	2 0		
	1 5 3 4 9 8 4, 3	1 6 7		
Multiplicateur renversé....	6 2 9 5 1 4 1, 3	3 6 7		
Multiplicande...........	3, 1 4 1 5 9 2 6			
	1	1	1	
	2 1 4 7 7 2	2 3	2 3	
	9 6 5 4 8 2 1 2	3 7	3 7	
Reports.................	1 1	3 6 7	2	2
Produit.................	9, 8 6 9 6 0 3 2		6 3	4 3
				6 3

» Ici le même nombre 367 résulte, d'une part, de l'addition des sommes partielles

122, 71, 72, 48, 14, 25, 6, 9

qui concourent à la formation du produit cherché, ou plutôt à la détermina-

tion de sa valeur approchée; et d'autre part, de l'addition des sommes partielles formées avec les produits des chiffres correspondants du multiplicande et des deux vérificateurs, pourvu que ces deux dernières sommes, savoir :

$$167 = 3\times6+4\times2+8\times9+9\times5+4\times1+3\times4+5\times1+1\times3,$$

et

$$20 = 1\times1+2\times4+2\times1+3\times3,$$

soient considérées comme représentant la première des unités simples et la seconde des dixaines. Les chiffres des deux vérificateurs sont ceux que renferment les nombres

3, 4, 8, 9, 14, 23, 25, 13,

auxquels se réduisent le chiffre 3 du multiplicateur

3,1415926....

et les sommes formées avec ses deux premiers, ses trois premiers, ses quatre premiers... chiffres. D'ailleurs, l'addition des sommes partielles qui concourent à la formation du produit cherché s'effectue et se vérifie, comme dans l'exemple précédent; et ce produit, dans lequel les deux derniers chiffres peuvent avoir été altérés par l'omission des reports dus aux sommes partielles que l'on s'est dispensé d'écrire, se réduit, lorsqu'on rejette ces deux derniers chiffres, au nombre

9,86960.

Tel est effectivement, à un cent-millième près, le carré du rapport de la circonférence au diamètre.

» Dans l'exemple précédent, ainsi que dans tous les cas où les deux facteurs du produit cherché deviennent égaux, les produits partiels de même ordre sont tous égaux deux à deux, ou tous, à l'exception d'un seul, suivant que le nombre de ces produits est pair ou impair. Il en résulte, comme on sait, que la formation des sommes partielles devient plus facile. Ainsi, dans le dernier exemple, pour obtenir les sommes partielles

122 et 71,

on peut opérer comme il suit

$$3\times 6+1\times 2+4\times 9+1\times 5=61,\quad \text{dont le double est}\quad 122,$$
$$3\times 2+1\times \dot{9}+4\times 5=35,\ \text{dont le double est}\ 70, \text{et}\ 70+1\times 1=71.$$

» Nous ajouterons que la règle et la preuve de la multiplication approximative s'appliquent plus avantageusement encore à des nombres exprimés avec des chiffres, les uns positifs, les autres négatifs. Alors en effet, les reports étant presque toujours nuls, on n'aura pas ordinairement à s'inquiéter des erreurs que leur omission peut entraîner; et, pour la même raison, dans la multiplication de tels nombres, on n'aura d'ordinaire à considérer qu'un seul vérificateur.

§ II. *Division arithmétique.*

» On sait que la méthode des approximations successives, due à Newton, finit par doubler à très peu près, à chaque opération nouvelle, le nombre des chiffres décimaux exacts que présente la valeur approchée d'une racine réelle d'une équation de degré quelconque. Cette propriété appartient même aux valeurs approchées successives de la racine réelle d'une équation linéaire; ainsi, en particulier, l'on double à très peu près le nombre des chiffres décimaux que renferme une valeur très approchée du quotient fourni par une division arithmétique, quand, pour augmenter le degré d'approximation, l'on ajoute à cette valeur approchée le premier terme de la progression géométrique qui représente le quotient développé suivant les puissances ascendantes du reste. J'ignore si cette remarque très simple, que d'autres sans doute auront déjà faite avant moi, se trouve approfondie dans l'un des nombreux traités d'arithmétique publiés par divers auteurs. Mais elle mérite de l'être, d'autant plus que la règle qui s'en déduit peut aisément s'établir sans le secours de l'algèbre, ainsi que nous allons l'expliquer.

» Observons d'abord que diviser un nombre par un autre revient à multiplier le dividende par l'inverse du diviseur. Donc la division peut toujours être ramenée au cas où le diviseur est l'unité. D'ailleurs, dans ce cas, le quotient s'obtient à l'aide de la règle suivante :

» *Après avoir déterminé par la méthode ordinairement employée une première valeur approchée du quotient, par exemple, ses deux ou trois premiers chiffres, vous pourrez égaler la fraction qui représente le quotient à*

cette première valeur augmentée d'une fraction nouvelle qui aura le reste obtenu pour numérateur. Or, si vous multipliez une ou plusieurs fois de suite les deux membres de l'équation ainsi formée par le reste dont il s'agit, vous obtiendrez de nouvelles équations, qui, combinées avec la première, feront connaître de nouveaux chiffres du quotient.

» Lorsqu'en appliquant cette règle, et multipliant par le reste une ou plusieurs fois de suite la fraction qui représente le quotient, on est parvenu à rendre le numérateur supérieur au dénominateur, il convient d'extraire le plus grand nombre entier contenu dans la nouvelle fraction ainsi formée. Après cette opération, l'on peut recommencer à faire usage de la règle, et obtenir par ce moyen de nouveaux chiffres.

» D'ailleurs, lorsqu'en opérant comme on vient de le dire, on est arrivé à connaître un grand nombre de chiffres du quotient, la formation d'une seule équation nouvelle suffit pour doubler à très peu près le nombre des chiffres exacts. Si le diviseur est entier ou composé d'un nombre fini de chiffres, le quotient, à moins qu'il ne puisse s'obtenir exactement, se réduira toujours à une fraction décimale périodique.

» Pour montrer une application de la règle ci-dessus énoncée, cherchons d'abord le quotient de 1 par 7, ou, en d'autres termes, la fraction décimale périodique qui représente la fraction $\frac{1}{7}$. Comme les deux premiers chiffres décimaux fournis par la méthode de la division ordinaire seront 1 et 4, le reste étant égal à 2, on en conclura

$$\tfrac{1}{7} = 0{,}14\tfrac{2}{7}$$

la fraction $\frac{2}{7}$ étant ainsi placée à la suite du chiffre des centièmes pour indiquer les $\frac{2}{7}$ d'un centième; puis, en joignant à l'équation qui précède celles qu'on en déduit lorsqu'on multiplie chaque membre deux fois de suite par le reste 2, on trouvera

$$\tfrac{1}{7} = 0{,}14\tfrac{2}{7},\quad \tfrac{2}{7} = 0{,}28\tfrac{4}{7},\quad \tfrac{4}{7} = 0{,}56\tfrac{8}{7},$$

et par conséquent

$$\tfrac{1}{7} = 0{,}142856\tfrac{8}{7}.$$

Si maintenant on extrait de la fraction $\frac{8}{7}$, l'entier 1 qu'elle renferme, on verra l'équation précédente se réduire à

$$\tfrac{1}{7} = 0{,}142857\tfrac{1}{7}.$$

En vertu de cette dernière formule, la période de la fraction décimale qui représentera $\frac{1}{7}$ sera certainement la suite des chiffres

$$142857,$$

et l'on aura indéfiniment

$$\frac{1}{7} = 0,142857\ 142857\ldots$$

» En général, lorsque, le dividende étant l'unité, le diviseur se compose d'un nombre fini de chiffres décimaux, le quotient cherché doit représenter ou une fraction de la forme

$$\frac{1}{n},$$

n étant un nombre entier, ou le produit d'une semblable fraction par une puissance de 10. Donc alors, si le quotient ne peut s'obtenir exactement; toute la question pourra être réduite au développement de $\frac{1}{n}$ en fraction décimale périodique. D'ailleurs on démontrera sans peine, 1° que, si n est l'un des nombres premiers impairs

$$3,\quad 7,\quad 11,\quad 13,\ldots,$$

le nombre des chiffres de la période sera égal à $n-1$, ou à un diviseur de $n-1$; 2° que, si n est un nombre composé, le nombre des chiffres de la période sera ou le nombre N des entiers inférieurs à n et premiers à n, ou un diviseur de N; 3° que, si le nombre entier n se forme d'un seul chiffre, il suffira pour déterminer la période, de prolonger le calcul jusqu'au moment où l'on verra reparaître le premier chiffre du quotient, attendu que le retour de ce chiffre indiquera le commencement d'une seconde période semblable à la première; 4° enfin que, si le nombre entier n se compose de deux, trois, quatre.... chiffres, il suffira de prolonger le calcul jusqu'au moment où l'on verra reparaître dans le même ordre, les deux premiers, les trois premiers, les quatre premiers... chiffres du quotient. Eu égard à ces observations, on pourra souvent abréger le calcul, et même se dispenser d'extraire les entiers contenus dans les nouvelles fractions que l'on obtiendra. Ainsi, dans l'exemple précédent, après avoir établi l'équation

$$\frac{1}{7} = 0,142856\tfrac{4}{7},$$

on pourra remarquer simplement que, $\frac{1}{7}$ étant compris entre les limites 0,14 et 0,15, la nouvelle fraction $\frac{8}{7}$ sera nécessairement comprise entre les limites

$$8 \times 0,14 = 1,12 \quad \text{et} \quad 8 \times 0,15 = 1,20.$$

Donc l'équation dont il s'agit fournira pour $\frac{1}{7}$ une valeur comprise entre les limites

$$0,14285712 \quad \text{et} \quad 0,14285720.$$

Donc le premier chiffre 1 du quotient reparaîtra nécessairement à la septième place, où il indiquera le retour de la période

$$142857.$$

» Si l'on voulait déduire d'un développement en progression géométrique la valeur de $\frac{1}{7}$ exprimée en chiffres décimaux, il suffirait d'observer que l'équation

$$\frac{1}{7} = 0,14\frac{2}{7}$$

peut s'écrire comme il suit

$$\frac{1 - 0,02}{7} = 0,14.$$

Donc cette équation donne

$$\frac{1}{7} = \frac{0,14}{1 - 0,02}.$$

Si maintenant on développe le rapport $\frac{1}{1 - 0,02}$ en une progression géométrique ordonnée suivant les puissances ascendantes du reste 0,02, on trouvera

$$\begin{aligned} \frac{1}{7} &= 0,14 + 0,0028 + 0,000056 + 0,00000112 + \ldots \\ &= 0,1428571\ldots \end{aligned}$$

» Pour montrer, sur un second exemple, l'application des principes ci-dessus exposés, concevons qu'il s'agisse de convertir $\frac{1}{71}$ en fraction déc male. On trouvera dans ce cas

$$\frac{1}{71} = 0,014\frac{6}{71},$$

et par suite

$$\frac{6}{71} = 0{,}084\,\tfrac{36}{71}, \quad \frac{36}{71} = 0{,}504\,\tfrac{216}{71}.$$

On aura donc

$$\frac{1}{71} = 0{,}014084504\,\tfrac{216}{71},$$

ou, ce qui revient au même,

$$\frac{1}{71} = 0{,}01408450 7\,\tfrac{3}{71},$$

et par suite

$$\frac{3}{71} = 0{,}04225352 1\,\tfrac{9}{71}, \quad \frac{9}{71} = 0{,}126760563\,\tfrac{27}{71}, \quad \frac{27}{71} = 0{,}380281689\,\tfrac{81}{71},$$

puis on en conclura en remplaçant $\frac{81}{71}$ par $1\frac{10}{71}$,

$$\frac{1}{71} = 0{,}01408450704225352112676056338028169 0\,\tfrac{10}{71}.$$

Enfin l'on tirera de la dernière équation

$$\frac{10}{71} = 0{,}1408\ldots,$$

et par suite

$$\frac{1}{71} = 0{,}014084507042253521126760563380281690\,1408\ldots$$

Ici la seule réapparition des deux premiers chiffres 01 placés dans le même ordre à la suite l'un de l'autre indique déjà le retour de la période.

§ III. *Extraction des racines.*

» Concevons que, n étant un nombre donné, on veuille en extraire la racine carrée, ou cubique,..., ou plus généralement la racine $m^{ième}$. Il s'agira, en d'autres termes, de calculer la racine réelle x de l'équation

$$x^m = n.$$

Or soient a une première valeur approchée de $\sqrt[m]{n}$, et r le reste qu'on obtient en retranchant a^m du nombre n; en sorte qu'on ait identiquement

(1) $$n = a^m + r.$$

Si l'on pose $x = a + z$, et si d'ailleurs r est très petit, l'équation

$$n = (a + z)^m$$

donnera sensiblement

$$(2) \qquad z = \frac{r}{ma^{m-1}}.$$

La valeur précécente de z est celle que, dans la méthode newtonienne, on doit ajouter à la quantité a pour obtenir une seconde valeur approchée de $\sqrt[m]{n}$. Cette méthode semble donc, au premier abord, exiger la division du reste r par le produit ma^{m-1}, dans lequel le nombre des chiffres croît indéfiniment avec le nombre des chiffres de a; mais on peut éviter cette division à l'aide des considérations suivantes.

» Si, dans l'équation (2) présentée sous la forme

$$z = \frac{ar}{ma^m},$$

on substitue la valeur de a^m tirée de la formule (1), on trouvera

$$z = \frac{ar}{m(n-r)} = \frac{ar}{mn}\left(1 + \frac{r}{n} + \ldots\right),$$

puis, en négligeant les termes de l'ordre du carré de r,

$$(3) \qquad z = \frac{1}{mn} ar.$$

En substituant la formule (3) à la formule (2), on aura, comme dans la méthode newtonienne, l'avantage de doubler sensiblement, à chaque opération nouvelle, le nombre des chiffres décimaux de la racine, lorsque le reste r sera très petit; et, si d'ailleurs on réduit en fraction décimale le rapport $\frac{1}{mn}$, qui restera le même dans les diverses approximations que l'on effectuera successivement, il suffira, pour continuer indéfiniment le calcul, de recourir à l'opération que nous avons appelée multiplication approximative. Ajoutons qu'il sera facile d'effectuer et de vérifier chaque multiplication approximative, par la méthode que nous avons indiquée.

» L'application des principes exposés dans ce paragraphe et dans le précédent deviendra plus facile encore, si l'on emploie deux espèces de chiffres, les uns positifs, les autres négatifs. »

M. **Duvernoy** commence la lecture d'un Mémoire qui lui est commun avec M. **Lereboullet**, et qui a pour titre : *Essai d'une monographie des organes de la respiration des crustacés isopodes.*

MÉMOIRES LUS.

MATHÉMATIQUES. — *Description d'une nouvelle machine à calcul pour résoudre les équations numériques des sept premiers degrés; par* M. **Léon Lalanne.** (Extrait par l'auteur.)

(Commissaires, MM. Cauchy, Savary, Coriolis, Sturm.)

« Les équations numériques d'un degré supérieur au second se rencontrent dans un assez grand nombre de questions de physique et de mécanique appliquées. Certains problèmes de mécanique céleste conduisent à des équations du septième degré. M. Poncelet, dans la solution générale qu'il a donnée du problème de la stabilité des revêtements et de leurs fondations, est arrivé à une équation où l'inconnue est élevée à la sixième puissance. Enfin quelques questions d'hydraulique comportent la résolution d'équations du quatrième et du cinquième degré. Il est vrai que, dans la plupart des exemples qui viennent d'être mentionnés, la composition des coefficients numériques est extrêmement compliquée, et que le calcul de ces coefficients est beaucoup plus long que ne le serait le calcul des racines elles-mêmes, une fois que l'équation aurait été posée en nombres. Aussi cherche-t-on souvent à éluder la difficulté, à l'aide des artifices particuliers que peut comporter la nature de la question. M. Poncelet dans le Mémoire cité plus haut, et M. Le Verrier dans ses recherches sur la stabilité du système solaire, ont donné des exemples remarquables d'artifices de ce genre. Quoi qu'il en soit, il y a lieu d'espérer que les personnes qui s'occupent d'applications verront avec quelque intérêt un appareil qui donne mécaniquement, avec la plus grande facilité, les racines des équations numériques des sept premiers degrés, et dont le principe est applicable à un degré quelconque.

» Ce principe ne m'appartient pas. Il a été exposé dès 1810, avec beaucoup de clarté et de précision, dans les *Opuscules mathématiques* de M. Bérard, professeur au collége de Briançon. Néanmoins, telle que M. Bérard l'avait conçue et projetée, cette machine était inexécutable, comme il semble l'avouer lui-même. Il a donc fallu, pour tirer parti de son ingénieuse

idée, faire usage de décompositions de moments analogues à celles qui ont été employées précédemment, et sur lesquelles sont fondées les applications de la *balance à calculs* et de l'*arithmoplanimètre*, auxquels l'Académie a bien voulu accorder son approbation. Comme ces derniers appareils, la nouvelle machine a été confectionnée par l'habile mécanicien M. Ernst.

» Toute équation numérique peut être considérée comme établissant la condition d'équilibre entre les deux bras d'un levier, qui seraient sollicités par des poids proportionnels aux coefficients de cette équation et agissant à des distances de l'axe de suspension représentées par les diverses puissances de l'inconnue. Si le second membre est nul, les coefficients positifs et négatifs se rapportent à des bras différents. La nouvelle machine est disposée de telle sorte que les poids agissent toujours ensemble à des distances de l'axe qui sont entre elles comme les puissances entières d'une même quantité. Aussi lorsqu'il y aura équilibre, cette quantité, qui se lit facilement sur une règle graduée, exprimera une des racines de l'équation.

» On trouvera dans le Mémoire joint à la machine la description de cette machine, et tous les détails relatifs à la détermination des racines positives et négatives des équations numériques. »

CHIMIE INORGANIQUE. — *Recherches sur les sels de plomb formés par l'acide hyponitrique et par l'acide nitreux; par* M. EUGÈNE PÉLIGOT. (Extrait par l'auteur.)

(Commissaires, MM. Thenard, Chevreul, Dumas, Pelouze.)

« Proust a observé le premier que le plomb se dissout en quantité considérable quand on le met en contact avec une solution chaude de nitrate de plomb: le sel qui se produit se dépose, par le refroidissement de la liqueur, en forme d'écailles jaunes et brillantes.

» La conclusion que tira Proust de cette expérience, fut que l'oxide de plomb est réduit à un degré d'oxidation inférieur au protoxide: mais M. Berzélius, dans un travail publié en 1812, démontra que la dissolution du plomb s'opérait non pas par suite de la réduction de l'oxide de plomb, mais aux dépens de l'acide nitrique contenu dans le sel employé.

» Dans un travail fait et publié à la même époque, M. Chevreul arriva aux mêmes conséquences et décrivit deux sels distincts formés par l'action que des quantités différentes de plomb exercent sur le nitrate de plomb, puis, dans un second mémoire sur ce sujet. il fit ressortir l'accord qui règne

pour les analyses, et les différences qu'on observe dans les propriétés offertes par les sels étudiés simultanément par M. Berzélius et par lui.

» Conduit incidemment, par suite des recherches que j'ai entreprises sur l'acide nitreux et l'acide hyponitrique, à analyser le sel de Proust, j'ai obtenu des résultats dont l'interprétation s'écarte beaucoup de celle qui est actuellement admise relativement à la nature de ce corps. En effet, je crois pouvoir démontrer qu'outre qu'il existe trois combinaisons bien distinctes formées par l'action du plomb sur le nitrate de plomb, deux de ces combinaisons contiennent, non pas de l'acide nitreux, ainsi que l'admettent MM. Berzélius et Chevreul, mais *de l'acide hyponitrique;* ainsi ce dernier acide, qui est formé, d'après les analyses de Dulong, de deux volumes d'azote unis à quatre volumes d'oxigène, serait susceptible, contrairement à toutes les idées reçues, sinon de se combiner directement avec les bases, au moins d'exister, ainsi que l'acide nitreux, en combinaison avec elles.

» J'ai préparé le sel de Proust en mettant en présence 1 équivalent de nitrate de plomb (2071), et 1 équivalent de plomb (1294). Il convient de prendre 63 de plomb pour 100 de nitrate. Si l'on emploie 78 de plomb, comme l'indique M. Berzélius, on obtient un mélange, ainsi que l'avait observé déjà M. Chevreul, du sel jaune avec le sel orange qui se forme après. Si, au contraire, on emploie moins de 1 équiv. de plomb, on a un produit mélangé de nitrate de plomb bibasique.

» La réaction se fait et se termine à une température inférieure à 60 ou 70 degrés sans qu'il y ait production de bioxide d'azote : ce gaz ne prend naissance que par suite de la décomposition par la chaleur du sel jaune produit.

» Dans le cas où ce dernier sel est mêlé de sel orange, on peut séparer d'ailleurs ces deux sels en traitant leur mélange par une quantité d'eau chaude insuffisante pour les dissoudre en totalité, et en profitant de la solubilité beaucoup plus grande du sel jaune.

» L'analyse de ce sel a consisté en la détermination directe de l'oxide de plomb, de l'azote et de l'eau qu'il renferme.

» Les résultats que j'ai obtenus s'accordent le mieux possible avec la formule

$$AzO^4, 2PbO, HO.$$

» Ils s'accordent également bien avec le dosage de l'oxide de plomb de M. Berzélius et de M. Chevreul; mais M. Berzélius, qui n'a pas déterminé

l'azote, admet, par hypothèse et en se fondant sur l'existence nécessaire de l'acide nitreux dans ce sel, qu'il doit contenir 6,4 d'eau pour 100 : l'expérience donne seulement 3,2.

» Ainsi l'équation très simple

$$AzO^5,PbO + Pb + HO = AzO^4,2PbO, HO$$

rend compte de la production de ce sel qui, jusqu'ici, était fort obscure.

» Le second sel qui se produit est de couleur rouge orangé : il s'obtient en dissolvant dans la solution bouillante de 1 équivalent de nitrate de plomb, $1\frac{1}{2}$ équivalent de plomb : on obtient un mélange, par le refroidissement de la liqueur, de sel jaune et de sel orange ; on enlève le sel jaune par l'eau bouillante, l'autre sel étant beaucoup moins soluble.

» Les analyses de ce sel coïncident avec la formule

$$Az^2O^7, 7PbO, 3HO.$$

La composition de ce sel est vérifiée par la synthèse ; car en faisant bouillir l'hyponitrate bibasique avec de l'oxide de plomb, on obtient même ce sel orange.

» Enfin l'ébullition prolongée d'une solution de nitrate de plomb avec plus de deux ou trois équivalents de plomb, fournit le sel rose signalé par M. Chevreul et dont la composition, d'après ses analyses, celles de Berzélius et les miennes, est représentée par la formule

$$AzO^3, 4PbO, HO.$$

» L'eau que renferme chacun de ces sels ne se dégage qu'à une température supérieure à 100°.

» C'est seulement avec le sel rose et l'acide carbonique qu'on peut préparer le nitrite de plomb neutre ; la liqueur jaune qui le contient, évaporée dans le vide, fournit des prismes jaunes, allongés, très altérables ; ce sel est fort différent de celui que M. Berzélius a décrit et qu'il a obtenu nécessairement mêlé de nitrate de plomb, puisque pour le produire il a employé le sel jaune de Proust.

» Comme par les procédés d'analyse directe, les différences qui existent entre les résultats du calcul et ceux de l'expérience portent toutes sur l'oxigène uni à l'azote pour former l'acide nitreux ou l'acide hyponitrique, et comme cette détermination de l'oxigène est le point culminant de la

question, j'ai cherché à doser plus directement la quantité de cet élément, en mettant à profit d'une part la propriété non connue que possède chacun des trois sels précédents de se dissoudre intégralement à froid dans l'acide acétique même concentré et en excès, et d'autre part l'action qu'exerce le peroxide de plomb sur ces sels ainsi dissous. Cette action consiste à fournir de l'oxigène à l'acide nitreux ou à l'acide hyponitrique pour les transformer en acide nitrique; l'acide nitreux dissolvant une fois plus de peroxide de plomb que n'en dissout l'acide hyponitrique, et cet oxide offrant un poids atomique très élevé, l'emploi du peroxide de plomb m'a paru de nature à fournir des résultats concluants sur la constitution de ces sels.

» Or les résultats que j'ai obtenus en mettant ainsi ces corps en présence, après avoir pris leur poids, et en déterminant la quantité de peroxide de plomb qui a été dissoute par chacun des acides contenus dans ces sels, confirment pleinement les formules que j'ai adoptées pour représenter la composition de chacun d'eux. »

CHIRURGIE. — *Mémoire sur un nouveau procédé propre à faciliter l'évacuation des fragments, après le broiement de la pierre dans la vessie; par* M. RIGAL.

(Commissaires, MM. Serres, Larrey, Breschet.)

« Quel que soit, dit M. Rigal, le moyen que l'on emploie pour broyer la pierre dans la vessie, soit qu'on l'use au moyen du foret et de l'archet, soit qu'on l'écrase à l'aide d'appareils agissant par percussion ou par pression, il restera toujours, après ce premier broiement, des fragments trop volumineux pour passer librement à travers le canal de l'urètre, et qui par conséquent devront être attaqués à leur tour. Si une fois ces débris sont engagés dans le canal, il faut bien songer à les y détruire, et divers instruments ont été inventés dans ce but; mais cette opération étant nécessairement plus douloureuse, et par suite plus grave que celle qu'aurait exigé le broiement des fragments pendant qu'ils étaient encore dans la vessie, on ne doit y avoir recours que le plus rarement possible. »

Les instruments employés par les lithotriteurs pour détruire dans la vessie les fragments de calculs, paraissent à M. Rigal défectueux à plusieurs égards, et il en propose un nouveau.

Son instrument se compose essentiellement de trois parties : la première est un tube en acier droit ou portant à son extrémité vésicale une partie

courbée, destinée seulement à en faciliter l'introduction. Un second tube également en acier, droit dans toute sa longueur, entre dans le premier. Les deux tubes sont percés latéralement, vers leur extrémité vésicale, de deux fenêtres qui se correspondent parfaitement, et portent chacun à leur extrémité libre un levier dont la direction indique celle des fenêtres. Maintenant, qu'on introduise cette double sonde dans la vessie, elle livrera passage aux débris capables d'arriver au dehors; mais qu'un fragment plus volumineux s'engage à travers les doubles fenêtres, le tube interne servira à le saisir. En effet, en faisant exécuter à ce tube un mouvement de rotation autour de son axe, au moyen du levier qu'il porte à son extrémité externe, on détruira le parallélisme des deux fenêtres; on rétrécira donc l'ouverture dans laquelle était engagé le fragment qui se trouvera ainsi pris comme entre les deux mors d'une pince. Si sa dureté n'est pas très grande, cette pression par les bords tranchants de la double fenêtre suffira pour le diviser en deux ou en trois morceaux, dont un sera logé dans la cavité du tube interne et sera amené sans difficulté au dehors. Dans le cas contraire, le fragment du calcul sera du moins solidement fixé et se trouvera placé dans les conditions convenables pour être usé par le foret, qui constitue la troisième pièce de l'appareil.

Ce foret est formé par un troisième tube, également en acier, et dont l'extrémité est taillée en dents de scie, comme une couronne de trépan : percé à ses deux extrémités, il offre un réceptacle pour les détritus, ayant toute la longueur de l'instrument : « C'est, dit l'auteur, un magasin plus spacieux que ceux de tous les appareils employés jusqu'ici dans le même but, et qui se charge de lui-même à la manière d'une sonde à fromage. »

« Il est peu rationnel, poursuit M. Rigal, d'attendre que la vessie s'enfle d'urine goutte à goutte pour recommencer à de longs intervalles les efforts qui poussent les débris. Pour faciliter l'expulsion et l'injection d'un liquide, pour faire succéder rapidement l'une à l'autre, j'ai disposé par un double tube évacuateur deux robinets dont le jeu se combine avec celui du foret. La complication qui résulte de cet agencement n'est qu'apparente. »

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

M. le **Ministre de l'Instruction publique** transmet un Mémoire de M. **Lherminier** sur les effets du *tremblement de terre* ressenti à la Guadeloupe le 11 janvier 1839, et invite l'Académie à lui faire connaître son opinion sur l'importance et le mérite de ce travail.

Le Mémoire de M. Lherminier est renvoyé à une Commission composée de MM. Arago, Becquerel et Élie de Beaumont.

optique. — *Note sur la détermination de l'indice de réfraction de quelques corps appartenant à la chimie organique; par* M. **H. Deville**. (Extrait.)

(Commissaires, MM. Biot, Arago, Babinet, Regnault.)

« L'appareil dont je me suis servi est le goniomètre de M. Babinet. A l'aide de quelques précautions particulières, cet instrument est très propre à décéler des différences très faibles (appartenant aux dix-millièmes, par exemple), que peuvent présenter les indices de corps très rapprochés sous le point de vue de cette propriété physique. Aussi ai-je pu déterminer avec beaucoup de précision les indices de l'alcool mêlé à diverses proportions d'eau; et une vingtaine d'observations sur des alcools de richesses décroissantes d'une manière régulière m'ont permis de constater qu'il y a un maximum pour l'alcool à un atome d'eau, c'est-à-dire contenant $\frac{80}{100}$ de ce corps à peu près, puisqu'à partir de là l'indice décroît jusqu'à devenir presque égal à celui de l'eau pour l'alcool contenant $\frac{90}{100}$ de ce liquide, en passant par conséquent par un point où sa valeur est la même que pour l'alcool absolu. La richesse correspondante serait alors celle convenant à l'alcool de Rudberg, c'est-à-dire au maximum de contraction. Les pouvoirs réfringents, comme on doit le penser, ne présentent pas de maximum, parce que la densité croît plus vite que l'indice.

» L'acide acétique m'a présenté aussi un maximum qui correspond à sa plus forte densité, pour l'indice de réfraction; et pour le pouvoir réfringent un minimum placé tout près du maximum de densité, ce qui tient à ce que celle-ci décroît beaucoup plus lentement que l'indice. Les corps

isomériques entre eux, que j'ai observés, m'ont présenté le même indice de réfraction. Il faut ajouter pourtant que, pour que cette propriété physique leur soit commune, il est nécessaire qu'ils aient à peu près la même densité et présentent aussi le même degré de viscosité. La plupart des huiles essentielles de la composition C^5H^4, isomériques avec l'essence de térébenthine, qui sont toutes à peu près aussi pesantes et aussi fluides les unes que les autres, sont dans ce cas. L'acétate de méthylène et l'éther formique, aussitôt après leur purification, ont exactement le même indice de réfraction (1).

» La viscosité tend à augmenter dans les liquides isomères le chiffre de l'indice d'une manière bien plus considérable. Aussi deux corps isomériques, de même densité, de propriétés chimiques analogues, m'ont présenté à cause de leur inégale viscosité des différences très grandes à l'examen de leurs propriétés optiques. L'acide chlorovalérosique, corps dernièrement découvert par MM. Dumas et Stass, m'a permis de faire une expérience très instructive sous ce rapport. Cet acide, à la température actuelle de 15°, est visqueux et tellement qu'il est difficile de le faire couler dans le flacon qui le contient. Mais à une température à peine supérieure à 30°, il devient aussi fluide que l'eau. J'ai pu l'observer dans le passage de l'état fluide à l'état visqueux et le déplacement du spectre ou l'augmentation de la réfraction minimum m'a paru trop considérable pour pouvoir être attribué uniquement au changement de densité qu'éprouve un corps qui se contracte sous l'influence du froid. On voit combien, pour des expériences de ce genre, il est utile de noter la température à laquelle on opère. En été, l'indice de l'acide chlorovalérosique sera tout différent de celui que je lui ai trouvé à 15°.

» Voici les principaux résultats auxquels je suis arrivé. Chaque expérience a été répétée au moins deux fois et quelquefois quatre, et le chiffre n'a été admis que quand les expériences ont été concordantes.

---

(1) Je dirai ici que j'ai confié à MM. E. Becquerel et Cahours les deux éthers que j'ai observés et qu'ils ont, avec un appareil tout différent du mien et fondé sur un autre principe, constaté cette identité; mais ces corps s'altèrent très vite. Du reste, ces messieurs ont aussi obtenu les mêmes indices pour quelques substances dont les mêmes échantillons avaient été étudiés par moi.

Eau de	0,3336 à 0,3339
Alcool absolu	1,3633
à $\frac{10}{100}$ d'eau	1,3653
à $\frac{20}{100}$	1,3362
à $\frac{30}{100}$	1,3651
à $\frac{40}{100}$	1,3633
à $\frac{45}{100}$	1,3629
à $\frac{50}{100}$	1,3621
à $\frac{60}{100}$	1,3592
à $\frac{70}{100}$	1,3544
à $\frac{80}{100}$	1,3471
à $\frac{90}{100}$	1,3407
Alcool conten. quelq. traces d'eau	1,5639
à $\frac{2}{100}$	1,3641
Alcool du commerce à près de $\frac{20}{100}$	1,3660
Acide acétique cristallisable	1,3757
Acide au maximum de densité	1,3781
Acide à une densité de 1,0728	1,3712
Acide à 1,063	1,3701
Essence de térébenthine	1,472
Camphre liquide de térébenthine	1,4848
Bromhydrate liquide d'essence de térébenthine	1,5109
Chlorure d'essence de térébenth.	1,5448
Térébène	1,474
Chlorotérébène	1,5294
Monochlorotérébène	1,5186
Térébilène	1,4735
Colophène	1,5212
Colophilène	1,5175
Essence de citron	1,472
Essence d'élémi	1,4718
Essence de copahu pure	1,471
— vieille	1,504
Acide chlorovalérosique	1,4814
Acide chlorovalérisique	1,4722
Acide valérique	1,406
Rétinilène	1,5214
Rétinaphtène	1,4975
Essence de clous de girofle	1,502
Carbure d'hydrogène de l'acide éthalique	1,4508
Éther pur	1,3562
Essence de genièvre	1,474
Essence d'orange	1,474
Essence de bigarade	1,476
Essence de bergamotte	1,468
Essence de menthe sèche	1,4663
— humide	1,465
Essence de citron vieille	1,4808
Acétate de méthylène	1,3631
Éther formique	1,3639
Pétrolène de M. Boussingault	1,4855
Essence de térébenthine épaissie et à une température de 40° à peu près, où elle est très liquide	1,4898
Essence épaissie et froide	1,4938

OPTIQUE. — *Recherches sur les pouvoirs réfringents des liquides; par* MM. EDMOND BECQUEREL et AUGUSTE CAHOURS.

(Commissaires, MM. Biot, Arago, Babinet, Regnault.)

« Les résultats que nous avons l'honneur de mettre aujourd'hui sous les yeux de l'Académie ne sont que le commencement d'un travail très étendu que nous avons entrepris sur la détermination des pouvoirs réfringents et dispersifs des liquides. Les nombres donnés jusqu'à présent pour les indices de réfraction ne s'appliquant, pour la plupart du temps, qu'à des corps dont la constitution n'est pas bien établie, nous avons cru devoir reprendre cette question en prenant pour point de départ des corps très purs, sur la composition desquels les chimistes sont bien fixés. Nous

étant procuré un grand nombre de liquides dont quelques-uns forment des séries bien distinctes, nous donnons aujourd'hui les indices moyens de réfraction de ces liquides, nombres qui, déterminés avec précision, nous conduiront peut-être à quelques relations sur leur constitution.

» M. Brewster, qui a donné un très grand nombre de déterminations d'indices de réfraction, mais souvent de corps impurs, s'est servi d'un procédé très commode, que nous avons suivi en le modifiant comme nous allons le dire.

» Le procédé de M. Brewster consiste à placer sous l'objectif d'un microscope, et tangente à la lentille, une lame de verre bien plane, puis d'interposer entre cette lentille et la lame plane une goutte du liquide dont on veut mesurer l'indice de réfraction. Il se forme donc à l'extrémité de l'objectif une lentille plan-concave de liquide, qui fait changer la position dans laquelle il faut placer un corps pour que son image se forme toujours au même point. Alors, en désignant par n, n', les indices de réfraction de deux liquides en passant de l'air dans ces corps, par D, d, d', les distances auxquelles il faut placer un objet quelconque pour qu'il soit vu dans le microscope lorsqu'il y a successivement de l'air et chacun des deux liquides entre la lame plane et l'objectif, distances que l'on compte à partir de l'objectif, on a cette formule facile à trouver

$$\frac{n-1}{n'-1} = \frac{\frac{1}{D} - \frac{1}{d}}{\frac{1}{D} - \frac{1}{d'}}, \quad \text{ou} \quad \frac{n-1}{n'-1} = \frac{1 - \frac{D}{d}}{1 - \frac{D}{d'}}.$$

On ne peut donc obtenir par ce moyen que l'indice de réfraction d'un liquide par rapport à un autre liquide.

» Nous avons modifié ce procédé en cherchant, au lieu des distances D, a, a', les nombres P, p, p', de division d'un micromètre placé sur le porte-objet, et qui sont comprises entre deux raies fixes d'un micromètre situé au foyer de l'oculaire. Ces nombres sont, comme il est facile de le démontrer, proportionnels aux précédents, et l'on a encore

$$\frac{n-1}{n'-1} = \frac{1 - \frac{P}{p}}{1 - \frac{P}{p'}};$$

et ils ont l'avantage de pouvoir être observés plus rapidement et peut-être avec plus d'exactitude.

» Le liquide auquel nous avons rapporté les indices de réfraction est l'eau distillée. Nous avons adopté le nombre $n = \frac{4}{3} = 1,3333$ pour l'indice moyen de ce corps.

» Du reste, à l'aide de la méthode suivante, on peut déterminer ce nombre directement. Cette méthode consiste à interposer entre l'objectif d'un microscope et un objet que l'on regarde un écran liquide à faces parallèles. Alors, comme il est facile de le démontrer, il faut abaisser l'objet pour continuer à le voir dans le microscope, car les rayons lumineux, quoique ressortant parallèles après avoir traversé l'écran, éprouvent une déviation de leur direction primitive; en désignant donc par e l'épaisseur de l'écran, et par d la quantité dont on a éloigné l'objet de sa position primitive, on a

$$d = e\left(\frac{n-1}{n}\right),$$

n étant l'indice de réfraction. Cette formule très simple peut donner aussi directement l'indice de réfraction d'un corps solide.

» En appliquant cette méthode à l'eau distillée, nous avons trouvé que e étant égal à 10^{mm}, on avait

$$d = 2^{mm},502.$$

On a donc

$$\frac{n-1}{n} = 0,2502 \quad \text{d'où} \quad n = 1,3336,$$

c'est-à-dire $n = \frac{4}{3}$, la différence de 0,003 étant ici insignifiante.

» Nous donnons, à la suite de cette Note, le tableau des différents nombres obtenus à l'aide du premier procédé que nous avons indiqué. Il résulte de l'examen de ce tableau :

» 1°. Que les corps de même composition et dont la densité à l'état liquide est représentée par des nombres peu différents, possèdent un indice de réfraction qui varie dans de très faibles limites; tandis que celui-ci s'accroît au contraire avec l'état de condensation de la substance (exemple, essence de térébenthine et colophène).

» 2°. Que les carbures d'hydrogène liquides, à densité presque égale, ont un pouvoir réfringent d'autant plus considérable que le carbone s'y accumule davantage : ainsi, par exemple, le rétinolène ($C^{64}H^{32}$) possède un indice de réfraction moyen beaucoup plus grand que le cétène ($C^{64}H^{64}$), qui contient beaucoup moins de carbone que lui, et dont la densité à l'état liquide est peu différente.

» 3°. Que pour les liquides formés de carbone, d'hydrogène et d'oxigène,

l'indice de réfraction et le pouvoir réfringent, sont d'autant plus considérables que la substance est moins oxigénée, pourvu toutefois que la densité de ces corps soit peu différente ; mais si la densité varie dans des limites très sensibles, alors le contraire peut avoir lieu ; ce qui démontre évidemment que la densité du corps à l'état liquide est un élément qui a une grande influence. Ainsi l'éther cuminique, qui renferme moins d'oxigène pour cent que l'éther benzoïque, possède un indice de réfraction moindre que ce dernier, mais aussi la densité du premier est moindre que celle de l'eau, tandis que la densité du second est plus considérable. Nous pourrions faire encore une observation semblable à l'égard des éthers acétique et oxalique.

» 4°. Que pour les corps isomères, tels que l'acétate de méthylène et l'éther formique, qui possèdent en outre une densité presque identique à l'état liquide, les indices de réfraction sont aussi identiques.

» 5°. Qu'à mesure que le chlore, le brome ou l'iode s'accumule dans les corps d'une même famille, l'indice de réfraction s'accroît, ce qui tient peut-être à l'augmentation de densité de ces corps à l'état liquide.

» 6°. Enfin nous avons observé qu'il est un autre élément dont l'intervention peut avoir une influence très marquée sur l'indice de réfraction, c'est la viscosité de la substance. C'est ce qui résulte aussi des observations de M. Henri Deville, sur les acides chlorovalérisique et chlorovalérosique.

» Nous avons recherché si, dans un mélange de liquides qui sont sans action chimique l'un sur l'autre, le pouvoir réfringent du mélange était égal à la somme des pouvoirs réfringents des liquides qui le constituent ; d'après les diverses expériences faites à ce sujet, cette loi nous a paru être sensiblement vraie. Voici quelques-uns des résultats obtenus :

Mélanges d'alcool et d'essence d'élémi.

	Indice ou n.	$n^2 - 1$.	Densités à 9° centig.		
Alcool	1,357	0,841	0,802		
Essence d'élémi	1,475	1,175	0,849		
1er mélange	1,411	0,990 (observé). 0,990 (calculé).	0,823	contient donc	1vol,258 d'alcool. 1vol. d'ess. d'élémi.
2e mélange	1,397	0,952 (observé). 0,955 (calculé).	0,818	contient donc	1vol,937 d'alcool. 1vol. d'ess. d'élémi.

Mélange d'essence de genièvre et de chlorhydrate d'essence de térébenthine.

	Indice ou n.	$n^2 - 1$.	Densités à 9° centig.		
Essence de genièvre	1,476	1,175	0,8635		
Chlorhyd. d'ess. de téréb.	1,488	1,214	1,019		
Mélange	1,479	1,187 (observé). 1,195 (calculé).	0,944	contient donc	0vol,931 d'ess. de genièvre. 1vol de chlorhydrate.

» Nous n'avons l'honneur de présenter aujourd'hui à l'Académie ce petit nombre d'observations qu'afin de prendre date; dans un prochain travail nous examinerons les pouvoirs dispersifs des liquides qui font partie du tableau que nous avons donné, ainsi que d'autres dont la composition est pareillement bien établie. Nous étudierons en outre les variations qu'éprouvent les pouvoirs réfringents et dispersifs des liquides dans l'acte de la combinaison, nous proposant surtout de comparer les résultats que nous obtiendrons par différentes méthodes, afin d'en discuter la valeur.

P (Air).... 20,8 }
p (Eau)... 34,33 } On admet pour l'indice de l'eau.... $n = 1,3333$, ou $\frac{4}{3}$.

Tableau des indices moyens.

NOMS DES SUBSTANCES.	Nombres. p'	Indices.	NOMS DES SUBSTANCES.	Nombres. p'	Indices.
Essence de térébenthine	47	1,471	Éther citrique	44	1,446
— de citron	47,5	1,475	— pyrocitrique	44	1,446
— d'élémi	47,5	1,475	— camphorique	45,5	1,459
— de genièvre	47,5	1,475	— cuminique	51,5	1,504
Térébène	48	1,479	— benzoïque	52,5	1,511
Térébilène	48	1,479	Acétate de méthylène	36,33	1,361
Essence de Cubèbes	49,5	1,490	Éther formique	36,33	1,361
Colophène	53,5	1,517	Hydrure de benzoïle	58,5	1,545
Colophilène	53,5	1,517	Hydrure de salicyle	65	1,570
Eupione	40,33	1,409	Alcool absolu	36,33	1,361
Cétène	45	1,463	Acide acétique cristallisé	37,5	1,376
Benzène	51,5	1,504	Essence de térébenthine	47	1,471
Cinnamène	56	1,531	Chlorhydrate d'essence liquide	49	1,488
Rétinolène	65,5	1,577	Bromhydrate d'essence liquide	52,5	1,510
Cymène	48,75	1,485	Monochlorotérébène	55,33	1,531
Naphte	40,33	1,409	Chlorure d'essence	57,5	1,540
Rétinylène	53,5	1,517	Acide valérique	39,8	1,406
Rétinnaphtène	51	1,500	— chlorovalérisique	50,5	1,497
Naphtole	45,3	1,467	— chlorovalérosique	52,5	1,510
Carbure d'hydrogène de l'acide éthalique	44,5	1,450	Benzène	51,5	1,504
Éther	36	1,357	Nitrobenzide	60,33	1,554
— hydrobromique	41	1,417	Hydrocarbure de chlore	44	1,446
— hydriodique	51,75	1,512	Hydrocarbure de brome	56,5	1,534
Éther formique	36,33	1,361	Acétone	37,5	1,376
— acétique	37	1,370	Acétate d'amilène	39,75	1,406
— oxalique	39,75	1,406	Huile de girofle	51,5	1,504
— œnanthique	42	1,427			

M. **Lescuyer** prie l'Académie de vouloir bien lui désigner des Commissaires au jugement desquels il puisse soumettre différents dispositifs de son invention, ayant pour objet de donner l'impulsion et la direction aux *aérostats*.

(Commissaires, MM. Gambey, Séguier.)

M. **Korilsky** adresse une Note ayant pour titre : *Quelques mots sur la météorologie en général et sur les marées en particulier.*

(Commissaires, MM. Mathieu, Savary.)

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de la Guerre** invite l'Académie à lui présenter, conformément à l'article 14 de l'Ordonnance du 30 octobre 1832, relative à l'organisation de l'École Polytechnique, un candidat pour la place de professeur de Chimie devenue vacante à cette École par suite de la démission de M. *Gay-Lussac*.

La section de Chimie est invitée, en conséquence, à présenter à l'Académie le plus promptement possible une liste de candidats.

M. *Thenard* annonce que la section de Chimie est en mesure de faire cette présentation séance tenante, et fait remarquer que les cours de l'École étant déjà commencés, il importerait de ne pas retarder l'élection au-delà du terme rigoureusement nécessaire.

Cette proposition est adoptée.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Examen d'un nouvel acide gras retiré de l'huile de palme; par* M. **Fremy**. (Extrait par l'auteur.)

« Les observations si curieuses que MM. Pelouze et Félix Boudet ont publiées dans ces derniers temps sur l'huile de palme, devaient engager les chimistes à étudier d'une manière approfondie l'acide gras solide que l'on peut retirer de cette huile par la saponification, et qui peut même s'y former spontanément, d'après les recherches de MM. Pelouze et Félix Boudet.

» Les expériences que j'ai l'honneur de communiquer aujourd'hui à l'Académie sont terminées depuis plusieurs mois. J'avais l'intention d'étendre les observations que j'ai faites sur l'acide de l'huile de palme : mais

M. Liebig m'a fait l'honneur de me prévenir que dans son laboratoire on était arrivé à des résultats tout-à-fait identiques avec les miens. J'ai donc cru devoir publier immédiatement le résumé de mes recherches sur l'huile de palme.

» J'ai retiré de l'huile de palme un acide gras solide que j'ai purifié par les procédés ordinaires, qui a la plus grande analogie avec l'acide margarique.

» Il a le même point de fusion que l'acide margarique; il fond à 60°.

» Il a présenté la composition suivante :

1°.	2°.	Centièmes. 1°.	Centièmes. 2°.	Atomes.	Théorie.
M = 0,2605	M = 0,2345	C = 75,4	75,1	C^{64}	C = 75,37
Eau = 0,295	Eau = 0,264	H = 12,5	12,4	H^{128}	H = 12,40
A.c. = 0,711	A.c. = 0,638	O = 12,1	12,5	O^{8}	O = 12,23
		100,0	100,0		100,00

» L'acide de l'huile de palme, chauffé à 250°, cristallise dans l'alcool en petits cristaux très durs, tandis qu'avant il cristallisait en belles lames.

» J'ai analysé cet acide ainsi modifié : il n'avait pas changé de composition :

	Centièmes.
M... = 0,279	C. = 75,20
Eau . = 0,314	H. = 12,49
A. c. = 0,775	O. = 12,31
	100,00

» L'acide de l'huile de palme est volatil sans décomposition. Je citerai une analyse de l'acide distillé :

	Centièmes.
M... = 0,256	C. = 75,38
Eau . = 0,293	H. = 12,70
A. c. = 0,698	O. = 12,12

» La capacité de saturation de l'acide de l'huile de palme a été déterminée en analysant des sels d'argent.

	1°.	2°.	3°.
Sel d'argent	0,188	0,168	0,394
Oxide	0,060	0,052	0,124
Acide	0,128	0,116	0,270
	D'où 31,9 p. 100 d'oxide.	D'où 30,9 p. 100 d'oxide.	D'où 31,4 p. 100 d'oxide.

	4°.	5°.	6°.
Sel d'argent	0,319	0,2295	0,338
Oxide	0,100	0,0730	0,107
Acide	0,219	0,1565	0,231
	D'où 31,3 p. 100 d'oxide.	D'où 31,8 p. 100 d'oxide.	D'où 31,6 p. 100 d'oxide.

» En représentant le sel d'argent par la formule suivante :

$$C^{64}H^{124}O^{6} + 2AgO,$$

la théorie donne 31,6 pour 100 d'oxide d'argent. Ce nombre ne s'éloigne pas sensiblement de ceux que j'ai trouvés.

» J'ai déterminé la composition de l'acide anhydre, en analysant trois sels d'argent.

1°.	2°.	3°.
Sel.. = 0,3985	Sel.. = 0,424	Sel.. = 0,4275
Acide = 0,273	Acide = 0,291	Acide = 0,2880
Eau.. = 0,309	Eau. = 0,331	Eau.. = 0,3190
A. c. = 0,771	A. c. = 0,823	A. c. = 0,8130

Centièmes. 1°.	2°.	3°.	Atomes.	Théorie.
C = 78,08	78,19	78,05	C^{64}	C = 78,08
H = 12,55	12,62	12,29	H^{124}	H = 12,35
O = 9,37	9,19	9,66	O^{6}	O = 9,57
100,00	100,00	100,00		100,00

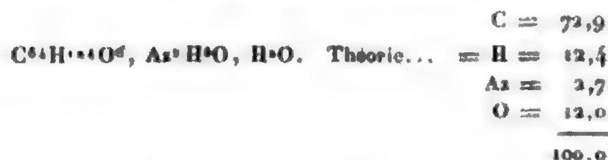
» On voit que l'acide de l'huile de palme peut être considéré comme un acide bibasique. J'ai reconnu qu'il formait des sels dans lesquels l'acide était saturé par un équivalent de base et un équivalent d'eau.

» Je citerai pour exemple l'analyse d'un sel d'ammoniaque qui est insoluble dans l'eau froide.

Sel d'ammoniaque....................	= 414
Eau..................................	= 475
Acide carbonique.....................	= 1,092
Centièmes.........................	C = 72,93; H = 12,70

» J'ai trouvé par les procédés ordinaires que ce sel contenait 2,9 d'azote.

» Cette analyse conduit à la formule suivante :



$C^{64}H^{124}O^{6}, Az^{2}H^{8}O, H^{2}O.$ Théorie... =

C =	72,9
H =	12,4
Az =	2,7
O =	12,0
	100,0

L'acide de l'huile de palme forme un éther qui cristallise très bien et qui fond à une température très basse ; cet éther a présenté la composition suivante :

	2°.
M = 0,372	0,358
Eau = 0,425	0,406
A.c. = 1,024	0,990

Centièmes. 1°.	2°.	Atomes.	Théorie.
C = 76,1	76,6	C^{72}	C = 76,8
H = 12,6	12,5	H^{144}	H = 12,4
O = 11,3	10,9	O^{8}.........	O = 10,8
100,0	100,0		

Cet éther est donc représenté par la formule

$$C^{64}H^{124}O^6, 2(C^4H^{10}O).$$

» J'ai enfin examiné l'action du chlore sur l'acide de l'huile de palme, en faisant intervenir successivement l'influence de la chaleur et de la lumière. J'ai obtenu ainsi une série d'acides chlorurés qui paraissent avoir tous la même capacité de saturation que l'acide de l'huile de palme. Le chlore en entrant dans ces combinaisons déplace une quantité équivalente d'hydrogène. J'ai fait passer pendant près d'un mois un courant de chlore dans de l'acide que j'exposais à l'influence de la radiation solaire; j'analysais successivement les produits. Le dernier produit analysé contenait 60 pour 100 de chlore et 3,9 pour 100 d'hydrogène. A cette époque le chlore réagissait encore sur la substance organique, mais avec beaucoup de lenteur. Le composé le plus stable et que l'on obtient toujours en faisant passer un courant de chlore dans l'acide gras fondu, est celui qui est représenté par la formule suivante :

$$C^{64}H^{108}Cl^{16}O^6.$$

» Les premiers acides chlorurés sont liquides à la température ordinaire, les derniers sont durs et transparents comme une résine.

» J'ai reconnu enfin que tous les acides gras se comportent de la même manière sous l'influence du chlore.

» On comprend tout l'intérêt que l'on doit attacher à l'étude de ces nouveaux composés.

» Les différents corps dont je viens de parler dans ce Mémoire ont été analysés par le procédé ordinaire; je n'ai pas employé de chlorate de potasse pour terminer la combustion, j'ai pris l'ancien poids d'atome du charbon pour calculer mes formules.

» J'ai reconnu par des expériences directes que je citerai dans mon Mémoire, que les formules ne seraient pas changées en adoptant pour le poids d'atome du charbon le nombre 75, et en faisant passer dans le tube après la combustion un courant d'oxigène. Je reviendrai sur cette circonstance lorsque les travaux de M. Dumas sur la détermination du poids d'atome du charbon seront publiés.

» Je dirai en terminant que MM. Pelouze et F. Boudet avaient analysé l'acide solide de l'huile de palme : les nombres qu'ils ont trouvés s'accordent en tout point avec ceux que je viens de citer. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'isomorphisme de certains corps liés entre eux par la loi des substitutions.*

M. **A. Laurent** adresse une réclamation de priorité à l'occasion d'une Note de M. *de la Provostaye* sur l'isomorphisme du chlore avec l'hydrogène dans les substitutions.

« Il y a déjà plusieurs années, dit M. Laurent, que j'ai appelé l'attention des chimistes sur cet objet; et, dans un Mémoire que j'ai eu l'honneur de présenter à l'Académie, il y a quelques mois, sur diverses combinaisons chlorurées et bromurées de la naphtalène, j'ai fait voir que

l'hydrochlorate de chloronaphtalèse..................	$C^{40}H^{16}Cl^{8}$,
l'hydrochlorate de chloronaphtalose..................	$C^{40}H^{12}Cl^{12}$,
et l'hydrobromate de chlorobromonaphtalose.......	$C^{40}H^{12}Cl^{4}Br^{8}$

étaient isomorphes.

» J'ai également fait observer que l'isomorphisme n'avait pas toujours lieu lorsque le chlore remplaçait équivalent à équivalent l'hydrogène, et j'ai cité comme exemple l'hydrochlorate de chloronaphtalise $C^{40}H^{14}Cl^{10}$, dont la composition est semblable à celle des trois corps précédents, mais dont la forme est complétement différente.

» Je fais en ce moment un travail sur une série de composés très bien cristallisés obtenus par substitution; je pourrai facilement mesurer les cristaux, et j'espère soumettre bientôt au jugement de l'Académie ce travail, qui fera voir jusqu'à quel point les idées que j'ai émises le premier, tant sur le rôle que le chlore, l'oxigène, l'acide nitreux, etc., jouent dans les substitutions, que sur l'isomorphisme de ces corps avec l'hydrogène, sont exactes. »

M. **Vicat** écrit qu'on vient de trouver aux archives de la préfecture de Grenoble un ballot de papiers ayant appartenu à feu M. **Fourier**, membre de l'Académie des Sciences, et qui pour la plupart semblent être relatifs à l'*expédition d'Égypte*. M. Vicat ajoute que l'Administration de cette ville est disposée à faire don de ces papiers à l'Académie des Sciences.

M. **Jomard**, membre de l'Académie des Inscriptions, et l'un des conservateurs de la Bibliothèque royale, fait remarquer à cette occasion qu'en vertu d'une ordonnance déjà ancienne, tous les manuscrits et dessins relatifs à l'expédition d'Égypte doivent être déposés à la Bibliothèque royale.

MM. les membres du bureau feront les démarches nécessaires pour obtenir les manuscrits en question, sauf à remettre à la Bibliothèque royale ceux de ces papiers sur lesquels elle aurait des droits.

M. **Darlu** écrit relativement à une condition à laquelle il lui semble qu'auraient dû avoir égard les personnes qui se sont proposé de faire marcher les bateaux au moyen d'appareils manœuvrant comme les pieds palmés des oiseaux nageurs.

« On aurait dû, dit M. Darlu, pousser plus loin qu'on ne l'a fait l'imitation de la nature, et se rappeler que si la patte du palmipède n'éprouve qu'une faible résistance quand elle est ramenée vers le corps, cela tient, non-seulement à ce qu'elle présente alors une moindre surface, mais encore à ce qu'elle revient par un mouvement plus lent. Cette différence dans la vitesse de deux mouvements alternatifs s'observe également dans le vol des oiseaux, et il est à regretter que, dans les appareils d'impulsion qui présentent l'application du système palmé, les constructeurs n'aient pas songé à obtenir un effet analogue.

» J'ajouterai, dit M. Darlu, que s'il est avantageux pour les bâtiments de guerre de cacher les leviers conducteurs des palmes sous la ligne de flottaison, il serait plus utile d'adopter pour les navires marchands un mécanisme tel, que le rappel des pattes se fît au-dessus de l'eau. »

M. **Letellier** adresse une Note relative à un procédé indiqué par M. *Denis*, et au moyen duquel on convertit la *fibrine du sang* en un liquide qui offre plusieurs des propriétés principales de l'*albumine*. « Si l'on n'a pas le plus souvent réussi, dit M. Letellier, en répétant cette expérience, c'est qu'on n'a pas pris les proportions convenables pour le mélange, ou qu'on l'a exposé à une trop vive température. En prenant trois grammes de fibrine bien lavée et bien exprimée, et la faisant macérer à une température de 20° dans 10 grammes d'eau et $0^{gr},4$ de sous-carbonate de soude, on obtient, au bout d'un certain temps, la conversion du magma formé par ce mélange en un liquide qui se concrète par la chaleur, et qui précipite en blanc par l'alcool et les acides. »

M. **Miergues** écrit relativement aux succès qu'il dit avoir obtenus dans le traitement de l'*épilepsie* en employant un extrait préparé avec le suc du *Galium rigidum*, et administré à la dose de 12 grammes pour un adulte. M. Miergues rappelle que Gouan dit s'être servi avec avantage, dans la même maladie, du suc exprimé d'une autre espèce de *Galium*, le *G. molugo*.

M. Passot s'adresse de nouveau à l'Académie pour la prier de vouloir bien hâter le travail de la Commission chargée de faire un rapport sur diverses communications qu'il a faites relativement aux roues hydrauliques.

MM. Danger et Flandin envoient, sous enveloppe cachetée, une Note qu'ils annoncent contenir la description d'un procédé pour la combustion des matières organiques dans les opérations de médecine légale.

M. Lanet adresse également un paquet cacheté.

Le dépôt de ces deux paquets est accepté.

A 4 heures ½ l'Académie se forme en comité secret.

La séance est levée à 5 heures. F.

Errata. (Séance du 16 novembre.)

Page 816, ligne 23, M. Pelletier, *lisez* M. Peltier.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

L'Académie a reçu dans cette séance les ouvrages dont voici les titres :

Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie royale des Sciences; 2e semestre 1840, n° 20, in-4°.

Voyage métallurgique en Angleterre; par MM. DUFRÉNOY, ÉLIE DE BEAUMONT, COSTE et PERDONNET ; tome 2, in-8°, avec atlas oblong.

Carte géologique des bassins houillers de l'Angleterre, de l'Écosse et du pays de Galles.

Esquisse d'une Revue générale de l'organisation et des fonctions des Animaux ; par M. DUVERNOY. (Extrait du *Dict. univ. d'Hist. natur.*) In-8°.

Bulletin de l'Académie royale de Médecine; nov. 1840, in-8°.

Histoire naturelle, générale et particulière des Crinoïdes vivants et fossiles; par MM. D'ORBIGNY et DE LA PLANTE; 2e liv. in-4°.

Paléontologie française; par MM. D'ORBIGNY et DELARUE; 7e liv. in-8°.

Observations et recherches expérimentales sur le Platine, considéré comme agent physiologique et thérapeutique; par M. F. HOEFER; in-8°.

Revue critique des Livres nouveaux; par M. J. CHERBULIEZ; 8e année; n° 11, in-8°.

L'Enseignement, bulletin d'Éducation; nov. 1840, in-8°.

Journal des Connaissances médicales pratiques et de Pharmacologie; nov. 1840, in-8°.

Observations sur les Glaciers du Spitzberg, comparés à ceux de la Suisse et de la Norvège; par M. CH. MARTINS. (Tiré de la *Bibliot. univ. de Genève*, juill. 1840.) In-8°.

The London.... *Journal de Sciences et Magasin philosophique de Londres, d'Édimbourg et de Dublin;* nov. 1840, in-8°.

The Athenœum, journal; oct. 1840, in-4°.

Statutes of.... *Statuts de la Société royale*, 1840; Londres, 1840, in-8°.

Astronomische.... *Nouvelles astronomiques de* M. SCHUMACHER; n° 411, in-4°.

Gazette médicale de Paris; n° 47.

Gazette des Hôpitaux; n° 136—138.

L'Expérience, journal de Médecine; n° 177, in-8°.

La France industrielle; 19 nov. 1840.

COMPTE RENDU

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 30 NOVEMBRE 1840.

PRÉSIDENCE DE M. PONCELET.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ANATOMIE ET PHYSIOLOGIE ZOOLOGIQUES. — *Essai d'une Monographie des organes de la respiration de l'ordre des Crustacés isopodes; par* MM. DUVERNOY *et* LEREBOULLET.

(Commissaires, MM. Duméril, Flourens, Milne Edwards.)

Introduction.

« Nous avons fait ensemble, à Strasbourg, aux mois de septembre et d'octobre 1839, la plupart des observations qui composent le travail que nous avons l'honneur de soumettre au jugement de l'Académie.

» Le desir de le rendre moins incomplet, et plus digne de lui être présenté, nous a fait retarder ce moment jusqu'à aujourd'hui.

» Cependant la nécessité où nous étions de prendre date, nous a déterminés à communiquer presque immédiatement un résumé de nos premières observations à la Société d'Histoire naturelle de Strasbourg. C'est ce qu'a fait l'un de nous, M. Lereboullet, le 27 novembre 1839 (1).

---

(1) Ce résumé a été imprimé dans *l'Institut*, n° du 19 décembre 1839.

» Depuis cette époque nous avons cherché toutes les occasions d'étendre et de perfectionner nos observations, en les répétant et en les multipliant, à Paris et à Strasbourg, et en nous communiquant, à mesure, leurs résultats.

» C'est ainsi que ce travail est devenu un premier *Essai d'une monographie des organes de la respiration des Crustacés isopodes.*

» En effet, si l'on prend pour guide, comme nous avons pu le faire depuis le mois de janvier de cette année, le tome III de l'*Histoire naturelle des Crustacés* de M. Milne Edwards, l'ouvrage d'histoire naturelle classique à la fois le plus récent et le plus complet sur ces animaux, ainsi que l'un de nous s'est déjà empressé de le reconnaître dans une autre occasion, on verra que nos observations se rapportent à *une ou plusieurs espèces de beaucoup de genres, de presque toutes les familles et des trois sections,* dans lesquelles l'ordre des Isopodes se trouve divisé dans cet ouvrage.

» Cet ordre, tel qu'il y est décrit, est un des exemples les plus frappants des immenses progrès qu'a faits, dans le siècle actuel, l'histoire naturelle des animaux. Il suffira, pour s'en convaincre, de se rappeler que les *Isopodes* ne sont encore qu'un simple groupe générique (le genre *Oniscus*), assez mal défini, dans la dernière édition du *Systema naturæ* de Linné, publiée par *Gmelin* en 1789.

» Quant à l'appareil d'organes, sujet de cette *monographie,* c'est à M. *Savigny* qu'on en doit la première connaissance générale. Les planches 11, 12 et 13, du *grand ouvrage sur l'Égypte* (1), comprennent des figures de cet appareil, appartenant à la plupart des familles de l'ordre des Isopodes. Malheureusement le texte détaillé qui aurait dû s'y rapporter n'a pas été publié par l'auteur. M. *Audouin* a pris à tâche d'y suppléer et d'en faire jouir, autant que possible, le public, par une utile quoique très succincte explication.

» Après ce travail général, d'une perfection remarquable, ainsi que tout ce qu'a publié M. *Savigny,* nous n'avons à citer, comme se rapportant à l'ordre entier qui nous occupe, que les indications faisant partie des caractères distinctifs des Isopodes, qui se trouvent dans les ouvrages de *Latreille* (*Règne animal de Cuvier,* 1re et 2e édit.); de *Desmarest* (*Considérations sur l'Hist. natur. des Crustacés*); et dans celui de M. *Milne Edwards,* que nous venons de mentionner. Nous devons ajouter que, dans

---

(1) *Histoire naturelle*. Zoologie, vol. II, Crustacés.

ce dernier ouvrage, l'auteur a mis un soin particulier à faire connaître les organes de la respiration, soit comme pouvant contribuer à distinguer les groupes qu'il admet, soit pour mettre à même d'apprécier le degré d'importance des caractères tirés de cet appareil, soit dans un but à la fois anatomique et physiologique.

» Les planches 66, 71 et 71 *bis* de la grande édition du *Règne animal de Cuvier* renferment des figures d'une grande netteté, faites par le même auteur, sur les organes de la respiration des *Cymothoadiens* et des *Cloportides*, que nous citerons encore en parlant de ces familles. C'est aussi dans l'historique que nous ferons de ces organes, à l'occasion de chaque famille, que nous rappellerons le travail fondamental de *G. Treviranus* sur les branchies de l'*Aselle d'eau douce*, et des *Cloportes* et *Porcellions*.

Analyse.

» Notre travail comprend la description successive et détaillée de l'appareil de la respiration dans les sept familles suivantes :

» 1°. Les Idotéides ;

» 2°. Les Asellotes ;

» 3°. Les Cloportides ;

» 4°. Les Sphéromiens ;

» 5°. Les Cymothoadiens ;

» 6°. Les Bopyriens ;

» 7°. Les Képoniens.

» Il n'y a que les deux familles des *Praniziens* et des *Ioniens*, que Lateille avait laissées dans l'ordre des Amphipodes, dont notre monographie ne donne point de description originale, relative aux organes de la respiration.

» On sait que la dernière famille ne se compose que d'un genre et d'une espèce, dont les seuls individus connus et décrits par *Montagu*, sont conservés dans une collection de Londres.

» Le mérite scientifique de ce travail, si tant est qu'on veuille bien lui en accorder un, étant surtout dans les détails des observations directes, il serait difficile d'en présenter un résumé qui en donnât une idée complète.

» Cependant les faits qui y sont consignés, se rattachant aux trois parties principales dans lesquelles l'un de nous divise, depuis treize années, l'histoire naturelle des animaux, nous voulons parler de leur étude

anatomique et *physiologique*, de leur étude *philosophique*, et de leur étude *systématique* ou *classique*, nous présenterons, sous ces trois points de vue, une partie de leurs résultats ou des conséquences qu'on peut en tirer.

» A. *Relativement à l'histoire naturelle anatomique et physiologique.*

» La structure des organes de la respiration des isopodes devait offrir un grand intérêt.

» Il s'agissait d'étudier dans ces organes les rapports des différentes structures qu'ils pourraient présenter avec des genres de vie très différents.

» La plupart des isopodes vivent constamment plongés dans l'eau. Les uns sont libres, les autres sont parasites et ne se meuvent guère qu'avec les *crustacés* ou les *poissons* aux branchies et au palais desquels ils se cramponnent.

» D'autres se tiennent sur les rochers ou dans le sable des plages maritimes, à des élévations qui les mettent à l'abri des hautes eaux, ou à des étages plus bas qui sont alternativement submergés et à découvert par les marées.

» D'autres enfin vivent dans l'intérieur des terres, dans nos habitations, respirant l'air en nature, mais un air humide, à l'abri de la lumière solaire.

» Voici les principaux résultats auxquels les auteurs sont parvenus, dans leurs recherches, *sous le point de vue anatomique et physiologique*, c'est-à-dire *de la forme et de la structure de ces organes, de la composition générale de l'appareil qu'ils constituent et sous celui de leurs usages.*

» La structure normale des organes de la respiration, dans l'ordre des *Isopodes*, comme dans toutes la classe des *crustacés*, est celle des organes de respiration aquatique: ce sont des branchies.

» Tout l'appareil, lorsqu'il a son plus haut degré de composition, consiste dans deux séries de cinq paires de lames, attachées symétriquement sous les cinq premiers anneaux de l'abdomen.

» Chaque paire de lames a un pédicule commun, par l'intermédiaire duquel elle est articulée au segment inférieur correspondant de l'abdomen.

» Une des deux lames de chaque paire est recouverte ou interne, et l'autre est recouvrante ou externe. Celle-ci peut servir d'opercule, de lame protectrice, et prend dans ce cas plus de consistance.

» La lame recouverte, au contraire, a généralement des parois très minces, à travers lesquelles se fait l'hématose; elle peut former une vessie,

interceptant une grande lacune, dans laquelle le sang circule pour la respiration.

» Des appendices extérieurs des segments de l'abdomen viennent encore, dans quelques cas, s'ajouter à cet appareil comme opercules accessoires.

» I. Il y en a une seule paire dans les *Idotées*, genre type de la famille des *Idotéides*, qui recouvre entièrement cet appareil. Ils tiennent au sixième ou dernier segment de l'abdomen et répondent aux appendices natateurs de ce même segment des autres *isopodes marcheurs* de la méthode de M. *Milne Edwards*. Ils sont un exemple remarquable, ainsi que l'a très bien compris l'auteur que nous venons de citer, des variétés de formes et d'usages que peut éprouver une même partie appartenant à un même plan de composition, qui caractérise un ordre naturel ou un groupe subordonné ou supérieur.

» Cette paire de volets sous lesquels peut se trouver enfermé tout l'appareil branchial, à la volonté de l'animal, est encore aidée dans sa fonction protectrice, à l'endroit où son bord externe devient libre et cesse de former l'espèce de charnière qui le fixe au bord correspondant du segment abdominal, par un stylet plumeux qui n'avait pas encore été décrit.

» Les opercules accessoires rendant inutiles la fonction protectrice des lames branchiales recouvrantes, celles-ci et les lames recouvertes paraissent dans les *Idotées*, à peu près de la même consistance; ce qui nous fait penser que l'hématose peut se faire encore dans les premières, sinon aussi complétement que dans les dernières, du moins accessoirement.

» Dans les *anthures*, genre anormal de cette famille, il paraîtrait que la première paire de lames branchiales est operculaire et qu'il n'en reste que quatre paires pour la respiration; mais nous n'en jugeons que par les figures et les descriptions qui en ont été publiées.

» Les *Idotéides* se tiennent sur les plantes marines et peuvent être mises à sec momentanément avec ces plantes. De là les précautions prises dans l'arrangement de leurs branchies desséchantes contre l'action de l'air ou contre les lésions des corps étrangers.

» Le plan général de composition de l'appareil branchial des isopodes que nous venons d'indiquer, en citant, en premier lieu, pour exemple les *Idotées*, varie dans les familles suivantes pour le nombre des lames branchiales operculaires et respiratrices, et ces différences sont toujours en rapport avec le genre de vie.

» Il y a d'autant plus de lames protectrices que l'animal est plus

aérien, d'autant moins qu'il est plus aquatique. Celles-ci manquent entièrement dans les *Bopyres*, dont l'appareil branchial est protégé par la carapace des *Palémons*, à l'abri de laquelle ils passent leur vie.

» II. Les lames branchiales déployées des *Asellotes* ne sont qu'au nombre de trois paires, dont la première a sa lame recouvrante essentiellement operculaire; les cinq autres sont respiratrices. Ces trois paires de lames développées répondent aux trois dernières des *Idotées*. Ici l'appareil branchial proprement dit, réduit aux trois dernières paires de lames de l'appareil complet, n'a proprement que la première ou la plus extérieure de ces lames pour le protéger. Cette structure et cette composition répondent à un genre de vie entièrement aquatique.

» Les deux premières paires de lames du plan général existent, mais à l'état rudimentaire, dans les mâles des *Asellotes*, et sont modifiées pour la fonction de la génération. Dans les femelles on ne trouve que la première de ces deux paires.

» III. Chez les *Cloportides* la composition de l'appareil branchial est très uniforme pour le nombre des lames; mais il y a des différences remarquables dans leur structure.

» Toutes les espèces de cette grande famille vivent dans les lieux humides, non submergés et respirent l'air en nature.

» Elles n'ont, des deux premières paires de lames de chaque série, que la lame recouvrante ou protectrice, et elles manquent de la lame recouverte ou vésiculeuse.

» Nous dirions que celle-ci est représentée, dans les mâles, par un stylet très allongé, élargi à sa base, qui a son emploi dans la copulation, si d'un côté les analogues de ces appendices générateurs ne se retrouvaient dans les *Idotées*, chez lesquels nous avons décrit des lames recouvertes, vésiculeuses dans les deux premières paires en question, comme dans les trois suivantes; si de l'autre il restait dans les femelles quelques traces de cette composition, ce qui n'est pas.

» Chez les *Cloportides* les trois dernières lames operculaires recouvrent seules chacune une vésicule branchiale.

» Les lames operculaires sont composées de deux feuillets, un inférieur, aérien, beaucoup plus consistant, dans une grande partie de son étendue, que le feuillet abdominal, qui est extrêmement mince et à travers lequel l'hématose peut se faire.

» Les *Porcellions* et les *Armadilles* ont, dans les deux premières paires

le lames operculaires au moins, quelquefois dans toutes, selon les espèces, deux corps blancs ou jaunes, qui paraissent servir à la respiration de ces animaux.

» Ces corps blancs ne se trouvent ni dans les *Cloportes*, ni dans les *Philoscies*, pas plus que dans les *Lygies* et les *Lygidies*.

» Les auteurs de cette *monographie* ont fait beaucoup de recherches, et un grand nombre d'observations, sur les *Cloportides terrestres*, pour reconnaître l'organisation et l'usage de ce corps blanc, et afin de bien déterminer la manière dont se fait la circulation dans l'appareil de ces isopodes, ainsi que le mécanisme de leur respiration. Ils ont soumis ces animaux à quelques expériences dans l'eau, dans l'air sec et exposés à lumière, dans le vide, pour étudier leur vitalité dans ces diverses circonstances.

» Voici un résumé de ces observations et de ces expériences :

» 1°. Les *Cloportides terrestres* (*Lygies, Lygidies, Cloportes, Philoscies, Porcellions, Armadilles*) ont, comme nous venons de le dire des *Cloportides* en général, cinq paires de lames branchiales operculaires, disposées en deux séries imbriquées, ou se recouvrant comme des tuiles sous la région abdominale;

» 2°. Le feuillet externe ou aérien a toujours beaucoup plus de consistance que l'interne, qui est uniquement membraneux. Ces deux feuillets, en continuité avec les téguments, interceptent un vide ou lacune, en double communication avec le système sanguin, pour en recevoir le sang qui vient de respirer et lui rendre celui qui a respiré.

» 3°. Les trois dernières paires seulement de lames operculaires recouvrent chacune une vésicule branchiale, ainsi que l'avait vu *Treviranus*;

» 4°. Le corps jaune et filamenteux, c'est du moins la désignation que lui avait donnée Latreille, n'existe pas dans tous les *Cloportides terrestres*, comme il l'avait annoncé; puisqu'il manque dans les *Cloportes* et les *Philoscies* qui sont organisés, sous le rapport de l'appareil respiratoire, comme les *Cloportides marins* ou les *Lygies*;

» 5°. Nous avons constaté la présence de ce corps blanc (1), arborescent, d'apparence spongieuse et comme vasculaire, dans les deux premières paires de lames branchiales des *Porcellions* et des *Armadilles*, de l'un et

---

(1) Nous le désignerons indifféremment par ces deux dénominations de corps blanc ou de corps jaune, parce qu'il est d'un blanc jaunâtre et que cette dernière teinte varie en intensité.

de l'autre sexe. L'un de nous, en lisant, au mois de novembre dernier, à la Société d'Histoire naturelle de Strasbourg, la Note que nous avons citée dans notre historique, lui a fait voir un dessin de ce corps, pris du *Porcellion rude*, et montrant cette structure;

» 6°. L'existence de ce corps blanc, bien constatée dans les deux premières paires de lames operculaires, au moins, des *Porcellions* et des *Armadilles*, a pu être négligée par ceux qui considèrent ces deux premières paires de lames comme appartenant exclusivement à l'appareil mâle de la génération. Mais comme cet organe se trouve aussi dans les femelles, ils ont préféré n'en rien dire que d'en discuter ou d'en approfondir les usages;

» 7°. On trouve des corps blancs dans toutes les lames operculaires du *Porcellion armadilloïde* et du *Porcellion à trois bandes*. C'est, à notre avis, une preuve indubitable d'une certaine identité de fonction de toutes ces lames; ce fait prouve aussi que les deux premières n'appartiennent pas uniquement à l'appareil de génération, suivant la détermination de *Treviranus*, ni exclusivement à la respiration, suivant celle de *Latreille;*

» 8°. D'un autre côté, l'absence des corps blancs dans les lames operculaires des *Cloportes propres* et des *Philoscies*, genres si rapprochés d'ailleurs des *Porcellions*, au point que les naturalistes n'ont pu jusqu'ici leur assigner d'autre caractère différentiel facile à exprimer, qu'un article de plus aux antennes des Cloportes et des Philoscies (1); ou de moins à celles des Porcellions; cette absence, disons-nous, dans les deux genres en question, semblerait prouver que cet organe n'a pas une aussi grande importance que celle de changer entièrement la nature de l'appareil respiratoire dans ceux qui en sont pourvus, et de rendre cet appareil entièrement aérien dans ceux-ci, de branchial qu'il serait dans les autres.

» 9°. Mais cette différence organique confirme la distinction de ces divers genres et pourra servir dorénavant à les mieux caractériser;

» 10°. Notre description comprend celle d'une espèce de boutonnière, que nous avons observée dans le bord postérieur de la lame renfermant un corps blanc, et qui se voit facilement en soulevant un peu cette lame. L'un de nous a même vu cette boutonnière se dilater et se resserrer dans

---

(1) On donne encore pour caractères aux Philoscies d'avoir les antennes externes découvertes à leur insertion et les appendices styliformes internes de l'abdomen presque égaux aux externes.

l'état de vie. Il s'en échappe, suivant notre observation commune, de très petites quantités de liquide aqueux, dans lequel, du moins, nous avons constaté qu'il n'existe pas de globules;

» 11°. A l'époque de la communication de notre première Note (1), nous n'étions pas encore parvenus à découvrir de très petits points, dont le nombre et la position varient et qui paraissent être les orifices des conduits qui pénétreraient dans le corps arborescent. La description trop vague de *Latreille* nous avait induits en erreur sur la position de ces trous. Nous les avons reconnus pour la première fois, d'après l'indication de la figure déjà citée, du corps blanc, publiée par M. *Milne Edwards*, au fond de la boutonnière du bord postérieur de la lame, que nous avions précédemment déterminée.

» 12°. Le feuillet membraneux interne ou supérieur de la lame operculaire semble être l'organe générateur du corps blanc, en se repliant entre lui-même et le feuillet aérien.

» 13°. Des observations réitérées sur les animaux vivants nous ont fait voir les globules sanguins se mouvant en apparence suivant le grossissement qui nous les démontrait, avec une grande rapidité, dans différents sens, et dans toute la largeur des lames branchiales operculaires des *Cloportes*. Ils disparaissaient derrière les ramifications du corps blanc chez les *Porcellions* et les *Armadilles*.

» 14°. Cette admirable circulation nous a démontré directement, ce que *Treviranus* avait présumé par l'absence de vaisseaux dans la lame branchiale, savoir, qu'elle intercepte un vide, une véritable lacune, dans laquelle se meut le sang pour la respiration.

» 15°. Les globules y suivent cependant des courants assez réguliers, dont nous déterminons la marche dans la description détaillée de nos observations, faites ensemble d'abord, et continuées séparément.

» 16°. Après bien des essais infructueux pour injecter le corps blanc et mettre en évidence sa composition vasculaire, après l'avoir observé avec soin au microscope pour reconnaître sa structure intime, voici l'idée à laquelle nous nous arrêtons, en ce moment, sur cette structure et sur les usages de ce corps.

» C'est une simple modification des lames branchiales operculaires, par le reploiement en dedans et la division du feuillet membraneux de

---

(1) Du 27 novembre 1839. Voyez l'*Institut* du 19 décembre 1839.

ces lames, analogue à ce qui a lieu pour la membrane qui tapisse la cavité branchiale de certains décapodes.

» Cette membrane spongieuse absorbe l'humidité de l'air, et maintient humectée la lame branchiale. Mais l'action du fluide respirable a toujours lieu principalement à travers le feuillet membraneux interne de la lame branchiale, qui forme dans cette lame, comme dans celles où les corps blancs n'existent pas, la paroi supérieure de la lacune dans laquelle le sang vient respirer.

» 17°. Relativement au mécanisme de la respiration des *Cloportides terrestres*, nous avons remarqué que les mouvements d'abduction des lames branchiales operculaires étaient bornés et n'étaient jamais assez étendus pour laisser échapper une lame d'eau que ces animaux conservent entre leurs branchies et qui empêche l'action desséchante de l'air.

» Cette observation est importante pour comprendre que les Cloportides terrestres respirent l'air avec des organes de respiration aquatiques, ainsi que les effets promptement mortels, pour ces animaux, de la respiration d'un air sec.

» 18°. En effet, les expériences que nous avons faites pour constater comparativement la durée de la vie des *Cloportes* et des *Porcellions*, dans un air sec et chaud, à l'ombre ou à la lumière, ou dans l'eau, nous ont démontré que ces animaux périssent en peu d'instants ($\frac{3}{4}$ d'heure), exposés au soleil dans un bocal ouvert (6e expérience du 15 juillet); tandis que dans l'eau la durée de la vie des Porcellions a été de 3 $\frac{1}{2}$ heures (5e expérience du 15 juillet).

» 19°. En général, dans toutes ces expériences, nous avons remarqué que les *Porcellions* résistent plus long-temps que les *Cloportes* à l'action desséchante de l'air ou de la lumière.

» 20°. Les Porcellions privés de leurs corps blancs ne survivent à cette mutilation que 18 ou 20 heures au plus, tandis qu'ils vivent long-temps quand on leur a coupé 10 pattes sur 14.

» Sans doute ces expériences, qu'il sera facile de multiplier, ne suffisent pas encore pour en tirer des conclusions incontestables. Mais on peut au moins en déduire que l'eau et l'air sec et chaud, sans l'action de la lumière ou avec cette action, sont mortels pour ces animaux, et que leurs organes de respiration, quoique formés pour l'essentiel, sur le modèle des branchies de cette classe, ne sont pas plus propres à respirer l'eau ni l'air sec que ceux de certains Crabes terrestres. Leur respiration normale ne peut avoir lieu que dans un air humide, condition essentielle de la durée de leur existence.

» Les *Tylosiens*, qui forment un groupe séparé des *Cloportides terrestres*, et se composent d'une seule espèce et d'un seul genre, ont une structure et même une composition en apparence exceptionnelle dans leur appareil respiratoire. Cependant il est encore possible de découvrir, dans cette composition, le plan général de l'appareil, tel que nous l'avons indiqué en commençant cette analyse. Au lieu d'une seule paire de lames operculaires accessoires, comme dans les *Idotées*, il y en a ici trois paires, de plus en plus développées de la première à la troisième.

» Les paires de lames operculaires et vésiculeuses sont au nombre de quatre. Mais les lames operculaires ou recouvrantes sont aussi respiratrices et présentent une structure très particulière que M. *Milne Edwards* a fait connaître, et qui semble modifier ici un organe de respiration aquatique en un organe de respiration aérienne. Les naturalistes qui étudieront cette modification y trouveront quelque analogie avec celle que nous avons indiquée relativement au corps blanc des lames operculaires chez les *Porcellions* et les *Armadilles*.

» IV. La quatrième famille des *Isopodes*, celle des *Sphéromiens*, a cinq paires de lames dans chaque série. De ces cinq paires de lames huit sont operculaires ou protectrices. Il n'y a que la lame recouverte des deux dernières paires qui soit membraneuse ou vésiculeuse, et uniquement, essentiellement respiratrice.

» On ne pourra voir sans étonnement, dans nos descriptions détaillées, toutes les précautions qui ont été prises pour préserver ces lames respiratrices des lésions des corps intérieurs, ainsi que leur structure particulière. Elles sont régulièrement divisées par des plis obliques, dont le nombre varie suivant le numéro des lames et les espèces de cette famille. Cette structure, qui les rend comme gaufrées, avait échappé aux recherches de M. *Savigny*.

» V. Les branchies des *Cymothoadiens* que nous avons pu étudier forment un appareil d'une grande conformité de composition, sinon de structure.

» Ce sont toujours dix paires de lames bien développées, disposées sur deux séries et insérées chacune sur un pédicule commun; les premières sont protectrices ou operculaires, et les suivantes respiratrices.

» Il n'y a de différence que dans le nombre, la forme et l'étendue des lames protectrices ou operculaires, relativement aux lames respiratrices, et réciproquement.

» Le nombre, ou, par compensation, l'étendue des premières est en

raison des circonstances de mœurs qui pourraient mettre à sec l'animal et l'obliger de protéger les lames respiratrices contre l'action desséchante de l'air.

» Les *Cymothoadiens errants*, quoique tous aquatiques, seraient, par exemple, plutôt dans ce cas, que les *Cymothaodiens parasites*, qui vivent fixés sur les branchies ou d'autres parties du corps des poissons.

» Cependant, malgré cette conformité d'organisation, nous avons trouvé des différences relatives à chacun des groupes établis, différences qui pourraient, au besoin, servir à caractériser ces derniers.

» C'est ainsi que dans les *Cymothoadiens parasites* la lame la plus antérieure, grande et large, est conformée pour recouvrir toutes les autres; tandis que dans les *Cymothoadiens errants* les lames antérieures sont loin d'avoir les dimensions suffisantes pour remplir cet usage.

» On pourrait encore, dans les *Cymothoadiens parasites*, établir deux autres groupes dont le premier aurait des lames vésiculeuses plissées (genres *Nérocile* et *Anilocre*), tandis que le second ne serait pourvu que de lames vésiculeuses simples (genre *Cymothoé*).

» VI et VII. Les familles parasites et entièrement aquatiques des *Bopyriens*, des *Képoniens* et des *Ioniens* s'écartent de plus en plus, par plusieurs circonstances organiques, de l'appareil respiratoire des isopodes précédents.

» Celle des *Bopyriens* n'a que cinq lames respiratrices dans chaque série, et manque de lames operculaires. Elle n'avait que faire de celles-ci, protégée, comme elle l'est, par les parois de la cavité branchiale de l'animal aux dépens duquel elle vit.

» Les *Képoniens* se distinguent de tous les autres *isopodes* par le nombre, la disposition et la forme de leurs lames branchiales (1).

» B. *Relativement à l'histoire naturelle philosophique des* isopodes.

» Il était important d'étudier comparativement le plan d'organisation de l'appareil de respiration de ces animaux ayant des genres de vie si différents, et de constater si ce plan n'est que modifié, ou s'il est entièrement changé pour ces diverses circonstances.

» Nos propres observations répondent affirmativement à la première question, ainsi qu'on vient de l'entendre par la lecture de la première partie de cette analyse.

---

(1) Voir ce que l'un de nous en a dit dans le *Compte rendu* du 12 octobre 1840.

» Elles montrent dans le plan général de composition des organes de respiration des *isopodes*, que ce sont des animaux aquatiques, comme toute la classe à laquelle ils appartiennent; et dans les diverses modifications de ce plan général, la raison de la distribution de ces animaux à la surface du globe, dans l'un ou l'autre milieu respirable.

» C. *Relativement à l'histoire naturelle systématique ou classique*, on peut conclure de nos recherches :

» 1°. Que la position abdominale des organes de la respiration, ou la suspension de ces organes, comme appendices, aux anneaux de l'abdomen, est le seul caractère commun qui subsiste, pour toutes les familles de cet ordre, tel qu'il est limité dans la classification que nous avons suivie;

» 2°. Qu'en précisant davantage les caractères de position, de forme et de composition de l'appareil branchial, on pourrait grouper ensemble les six premières familles, sous le nom d'*isopodes normaux*. Elles se rapprochent en effet, sous le rapport des organes de la respiration, par la position sous-abdominale de leur appareil branchial et par sa composition générale; cet appareil étant formé de lames branchiales vésiculeuses, recouvertes par des lames protectrices ou des opercules.

» Le second groupe, celui des trois dernières familles des *Bopyriens*, des *Képoniens* et des *Ioniens*, formerait les *Isopodes anormaux*. Ils n'ont point de lames operculaires proprement dites, pour protéger l'appareil branchial. Les seuls *Bopyriens* les ont toutes entières et sous-abdominales.

» Les *Ioniens* les ont arborescentes et flottantes autour de l'abdomen, double caractère tout-à-fait anormal parmi les isopodes.

» Les *Képoniens* les ont intermédiaires entre ces deux familles : en partie sous-abdominales et entières ou presque entières, en partie flottantes autour de l'abdomen et frangées. Enfin, dans cette dernière famille, la sixième paire d'appendices abdominaux flottants, est aussi convertie en branchie, ce qui n'a lieu dans aucun autre isopode.

» 3°. On peut encore conclure de l'étude détaillée de l'appareil respiratoire dans les *Crustacés isopodes*, que la disposition, la composition et la forme générale de cet appareil est la même dans chaque famille;

» 4°. Que certains genres montrent dans leur appareil respiratoire des particularités de structure propres à les mieux caractériser qu'on a pu le faire jusqu'à présent. Tel est le genre *Porcellion*, que l'on pourra dorénavant distinguer des *Cloportes*, non-seulement par un article de moins aux antennes externes, mais encore par la présence d'un corps blanc dans les

deux premières paires au moins des lames operculaires de son appareil respiratoire.

» 5°. Un seul genre enfin, le genre *Tylos*, composé d'une seule espèce, se distingue par de singulières modifications dans la structure de son appareil respiratoire, dont la connaissance détaillée, due à M. *Milne Edwards*, nous fait penser qu'il devrait faire le type d'une famille distincte. »

RAPPORTS.

CHIMIE APPLIQUÉE. — *Rapport sur un Mémoire de* M. le docteur **Boucherie**, *relatif à la conservation des bois.*

(Commissaires, MM. de Mirbel, Arago, Poncelet, Audouin, Gambey, Boussingault, Dumas rapporteur.)

« L'Académie nous a chargés, MM. de Mirbel, Arago, Poncelet, Gambey, Audouin, Boussingault et moi, de l'examen d'un Mémoire de M. le Dr Boucherie, relatif à la conservation des bois; nous venons accomplir ce devoir.

» L'Académie a déjà vu par elle-même et avec un si vif intérêt les préparations de l'auteur, elle a sous les yeux en ce moment des pièces si remarquables, que la tâche de ses Commissaires, sous quelques rapports du moins, en est singulièrement abrégée.

» M. le Dr Boucherie s'est proposé de rendre le bois beaucoup plus durable, de lui conserver son élasticité, de le préserver des variations de volume qu'il éprouve par la sécheresse et l'humidité, de diminuer sa combustibilité, d'augmenter sa ténacité et sa dureté; enfin de lui donner des couleurs et même des odeurs variées et durables.

» Dire que toutes ces exigences ont été satisfaites et qu'elles l'ont été par des moyens peu coûteux, simples et nouveaux; qu'elles l'ont été à l'aide de substances communes et à vil prix; c'est fixer, en peu de mots, l'attention de l'Académie sur tout ce que renferme d'important le travail que nous examinons.

» En effet, pour pénétrer de substances préservatrices, colorantes ou autres, un arbre tout entier, l'auteur n'a recours à aucun moyen mécanique compliqué ou coûteux; il prend toute la force dont il a besoin dans la force aspiratrice du végétal lui-même et elle suffit pour porter, de la base

du tronc jusqu'aux feuilles, toutes les liqueurs que l'on veut y introduire, pourvu qu'elles soient maintenues dans certaines limites de concentration.

» Ainsi, que l'on coupe un arbre en pleine sève par le pied et qu'on le plonge dans une cuve renfermant la liqueur que l'on veut faire aspirer, celle-ci montera en quelques jours jusqu'aux feuilles les plus élevées; tout le tissu végétal sera envahi, sauf le cœur de l'arbre qui, dans les essences dures et pour les pieds âgés, résiste toujours à la pénétration.

» Il n'est pas même nécessaire que l'arbre soit garni de toutes ses branches et de toutes ses feuilles; un bouquet réservé au sommet suffit pour déterminer l'aspiration.

» Il est inutile que l'arbre soit conservé debout, ce qui rendrait l'opération souvent impraticable; on peut l'abattre après en avoir élagué toutes les branches inutiles, et alors sa base étant mise en rapport avec le liquide destiné à l'absorption, celui-ci pénètre comme à l'ordinaire dans toutes les parties.

» Enfin, il n'est pas même indispensable de couper l'arbre, car une cavité creusée au pied, ou un trait de scie qui divise celui-ci sur une grande partie de la surface, suffisent pour qu'en mettant la partie entamée en contact avec un liquide, il y ait une absorption rapide et complète de ce dernier.

» Ces pénétrations qui s'effectuent en quelques jours, sans difficulté et sans travail, sont, comme on voit, bien loin de tous les moyens essayés jusqu'ici. Les pièces de bois déjà coupées, sur lesquelles on opérait, avant l'auteur, ne se laissaient pénétrer en effet que par l'effort de puissantes machines ou par l'action prolongée du liquide dans lequel on les immergeait.

» Le procédé ingénieux et nouveau, adopté par le Dr Boucherie, met à la disposition de l'industrie une force naturelle immense, et lui permet de conduire sans frais, dans les tissus les plus déliés du végétal, toutes les substances solubles qu'elle jugera convenable d'y porter.

» Si l'auteur a su résoudre d'une manière simple et pratique le grand problème qu'il s'était proposé d'abord, il n'a pas fait preuve d'une moindre sagacité dans le choix des substances qu'il a adoptées pour remplir toutes les indications énoncées plus haut.

» S'agit-il d'augmenter la durée et la dureté des bois, de s'opposer à leur carie sèche ou humide, il fait arriver dans leur tissu du pyrolignite de fer brut. Cette substance est parfaitement choisie, parce qu'il se produit de l'acide pyroligneux brut dans toutes les forêts par la fabrication du char-

bon; qu'il est facile de transformer celui-ci en pyrolignite de fer en le mettant en contact, à froid même, avec de la ferraille, et qu'enfin le liquide ainsi préparé renferme beaucoup de créosote, substance qui, indépendamment du sel de fer lui-même, a la propriété de durcir le bois et de le garantir des pourritures qui l'attaquent, ainsi que des dégâts causés par les insectes dans les bois employés aux constructions.

» Aussi, des expériences authentiques exécutées dans les caves de Bordeaux sur des cercles préparés par l'auteur, ont-elles constaté d'une manière irrécusable la plus grande durée des bois préparés par son procédé. Les cercles ordinaires tombaient en poudre au moindre effort, quand les siens étaient encore aussi solides que le premier jour.

» S'agit-il de s'opposer au jeu des bois, de leur conserver toute leur souplesse, de les rendre moins combustibles, l'auteur trouve dans l'emploi des chlorures terreux le moyen d'y parvenir à très bon marché. Toujours préoccupé de la pensée que ses procédés doivent recevoir prochainement une application presque universelle, il ne s'est pas contenté du chlorure de calcium déjà si peu coûteux, il a essayé l'eau-mère des marais salants, produit jusqu'ici sans valeur, et il lui a reconnu toutes les qualités desirables.

» Les bois préparés par ces dissolutions salines conservent leur flexibilité au bout de plusieurs années d'exposition à l'air; en feuilles minces, ils peuvent être tordus en spirales et retordus ensuite en sens inverse, sans gercer. Exposés à l'air, ils ne se voilent pas et ne se fendent jamais, quelque sécheresse qu'ils éprouvent. Enfin ils ne brûlent pas ou du moins si difficilement qu'ils sont incapables de propager aucun incendie.

» A ces grandes et utiles propriétés, que la marine et les constructions civiles ou industrielles sauront apprécier et mettre à profit, l'auteur a pu joindre des applications qui, sans avoir une utilité aussi importante, promettent aux arts des matières nouvelles, des moyens nouveaux. Il colore les bois en nuances si variées et si curieusement accidentées, qu'on peut tirer un parti fort avantageux pour l'ébénisterie des bois les plus communs.

» Les exemples de ce genre mis sous les yeux de l'Académie, nous dispensent de tout détail; il nous suffit de dire:

» Que le pyrolignite de fer donne seul une teinte brune qui se marie tres bien avec le ton naturel des parties trop serrées du bois où le pyrolignite ne pénètre pas;

» Qu'en faisant succéder à l'absorption du pyrolignite celle d'une matière tannante, on produit de l'encre dans la masse du bois et on le teint de la sorte en bleu-noir ou en gris;

» Qu'en faisant aspirer d'abord du pyrolignite de fer, et ensuite du prussiate de potasse, on produit du bleu de Prusse;

» Qu'en introduisant successivement de l'acétate de plomb et du chrômate de potasse, il se forme du chrômate de plomb jaune;

» Qu'en faisant pénétrer sur le même pied du pyrolignite de fer, du prussiate, de l'acétate de plomb, du chrômate de potasse, on produit des nuances de bleu, de vert, de jaune et de brun qui réalisent les effets les plus variés.

» Ainsi, comme on voit, l'auteur ne se borne pas à introduire un seul liquide, il peut successivement en faire passer plusieurs dans le même végétal et se prêter ainsi à toutes les modifications qu'on souhaiterait, ces décompositions, capables d'engendrer des produits colorés si divers peuvent être diversifiées en quelque sorte à l'infini. C'est au goût des consommateurs à en régler l'application; la chimie est assez riche en réactions de ce genre pour satisfaire les besoins et les caprices les plus exigeants.

» Nous n'avons rien à dire ici des bois rendus odorants par des imprégnations de ce genre; c'est une application trop facile à comprendre et trop limitée aux besoins du luxe pour entrer en parallèle avec les grandes applications que nous venons d'énumérer.

» Il est évident à l'énoncé seul de tous ces résultats qu'ils n'ont pas été et qu'ils ne pouvaient pas être trouvés par hasard. L'auteur les a déduits d'idées simples qu'il s'était formées de tous ces phénomènes, et ces idées étaient elles-mêmes le fruit d'études longues, consciencieuses et réfléchies de la question.

» L'auteur montre dans son Mémoire par quelles séries de travaux et de réflexions son esprit a dû passer pour en venir aux conséquences qu'il a traduites en une pratique aussi simple qu'économique. Les idées et les opinions qu'il énonce ont paru à votre Commission convenablement appuyées par les effets connus et par ceux découverts par l'auteur.

» Un employé des eaux-et-forêts, M. Millet (d'Aubenton), ayant adressé à l'Académie diverses réclamations relatives aux procédés employés par M. Boucherie, votre Commission les a examinées avec le soin le plus scrupuleux. Elle déclare unanimement que dans son opinion les pièces qui lui ont été communiquées par M. Millet laissent à M. Boucherie la propriété entière de sa découverte en ce qu'elle a de scientifiquement important et d'industriellement utile. La pensée d'imprégner de grands arbres et de les colorer par des liquides divers et successivement employés est garantie à

M. Boucherie par des brevets très antérieurs à toutes les pièces produites par M. Millet.

» En considérant l'ensemble du travail de M. Boucherie, les belles et coûteuses expériences auxquelles il s'est livré, les résultats importants qu'il a déjà obtenus et ceux que l'on peut espérer pour l'avenir, votre Commission n'a pas cru qu'elle dût se borner à vous proposer ces mesures qui suffisent lorsque l'intérêt de la science seul est en jeu.

» Elle a cru que dans une question d'intérêt public, où notre marine, nos travaux publics, notre industrie, sont si hautement et si vivement intéressés; où notre agriculture va trouver un nouveau motif de procéder au rétablissement de nos forêts si malheureusement détruites dans quelques parties de la France, il fallait autre chose qu'une marque d'approbation ordinaire.

» Elle vient donc vous proposer avec confiance de décider :

» 1°. Que le Mémoire de M. le docteur Boucherie sera admis à faire partie du *Recueil des Savants étrangers*, place dont il est si complétement digne;

» 2°. Qu'une copie de ce Rapport sera transmise à MM. les ministres de l'Agriculture et du Commerce, des Travaux publics, de la Marine, des Finances et de la Guerre. »

Les conclusions de ce Rapport sont adoptées.

MÉCANIQUE. — *Rapport sur différentes communications adressées par* M. Passot, à l'Académie des Sciences.

(Commissaires, MM. Savary, Poncelet, Coriolis, Piobert et Séguier.)

« L'Académie nous a chargés de lui rendre compte de différentes communications adressées par M. Passot, sur le mouvement des liquides et des gaz dans des vases cylindriques animés d'un mouvement de rotation autour d'arbres verticaux et munis à leur circonférence d'orifices destinés à l'évacuation, quelquefois à l'introduction du liquide. M. Passot a depuis, mis sous les yeux des Commissaires, des appareils dans lesquels le liquide, pour sortir du tambour qui tourne, doit traverser des canaux diversement dirigés.

» La Commission, après avoir examiné l'objet de ces communications, a reconnu que les expériences entreprises par l'auteur, constatent certains faits que l'on doit considérer comme nouveaux, mais que les opinions dont il les appuie ne sauraient être admises, et que les effets observés, tous d'une

nature fort compliquée, n'ont rien de contraire aux théories mécaniques généralement reçues. A l'égard des faits considérés en eux-mêmes, ils semblent prouver que, dans les machines à réaction offrant, sous le rapport des formes et de la disposition générale, le plus de similitude avec les *turbines* proposées par M. Passot, les effets de la force centrifuge sont modifiés par l'influence de certaines causes perturbatrices dont l'auteur ne tient pas compte dans l'exposé de ses opinions théoriques, et, plus particulièrement, par la non-participation entière du fluide au mouvement giratoire du vase ou tambour qui le renferme.

» Vos Commissaires, en considérant que les expériences entreprises par M. Passot pour constater ce résultat, l'ont conduit à modifier les anciennes bases d'établissement des roues à réaction sans cloisons intérieures, sont d'avis que les faits observés par cet ingénieur, donnent aux roues qu'il a exécutées ou projetées, un caractère nouveau, sans que néanmoins ces faits fournissent, quant à présent, aucune donnée positive sur l'appréciation de leurs effets mécaniques. »

Les conclusions de ce Rapport sont adoptées.

NOMINATIONS.

L'Académie procède, par voie de scrutin, à la nomination d'un correspondant pour la place vacante dans la section d'Économie rurale, par suite de la nomination de M. *de Gasparin* à l'une des places de membre titulaire.

La liste présentée par la Section porte dans l'ordre suivant les noms de

MM. Puvis, à Bourg (Ain);
Crud, à Genève;
Burger, à Vienne;
Girardin, à Rouen;
Ridolfi, à Florence.

Le nombre des votants est de 51. Au premier tour de scrutin:

M. Puvis obtient 38 suffrages.
M. Girardin. . . 9
M. Crud. . . . 1
M. Burger. . . . 1

Il y a un billet blanc et un billet illisible.

M. Puvis, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est déclaré élu.

L'Académie procède ensuite, également par voie de scrutin, à la nomination d'un candidat pour la place de professeur de chimie, devenue vacante à l'École Polytechnique, par suite de la démission de M. *Gay-Lussac*.

La section de Chimie présente pour candidat unique M. Regnault.

Le nombre des votants est de 52 : au premier tour de scrutin M. Regnault obtient l'unanimité des suffrages.

M. Regnault, en conséquence, est déclaré élu, et sera présenté au choix de M. le Ministre de la Guerre comme le candidat de l'Académie.

MÉMOIRES LUS.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches chimiques sur les huiles essentielles; par* MM. C. Gerhardt et A. Cahours. — Premier Mémoire.

(Extrait par les auteurs.)

(Commissaires, MM. Thenard, Dumas et Regnault.)

« Jusqu'à présent les huiles essentielles n'ont été l'objet que d'un très petit nombre de recherches; quelques-unes d'entre elles seulement ont été soumises à un examen suivi, et cela tient surtout aux difficultés qu'on rencontre dans leur purification. En effet, on n'en connaît que fort peu qui s'obtiennent à l'état cristallisé; elles sont toutes, pour la plupart, liquides et constituent des mélanges de deux et même de trois principes particuliers que l'on ne parvient que rarement à séparer par la distillation à des températures différentes.

» Nous avons entrepris une série de recherches sur cette classe de corps et, dès le début de notre travail, nous avons été assez heureux pour trouver un procédé fort simple de séparer, à l'état de pureté, les deux principes hétérogènes dont se composent un grand nombre d'huiles essentielles.

» Plusieurs chimistes ont constaté ce fait que les huiles essentielles, qui se produisent naturellement dans les plantes et que l'on en extrait par une simple distillation, sont des mélanges, en proportions variables, d'une huile oxigénée et d'un hydrogène carboné. Quelquefois l'huile oxigénée est cristallisée, tandis que le principe qui l'accompagne affecte l'état liquide; dans ce cas, la séparation de la première réussit aisément, mais il n'en est pas de même pour l'hydrogène carboné que l'on obtient constamment souillé d'une certaine quantité de l'autre produit. Les procédés par distillation n'étant pas de nature à aplanir ces difficultés, il s'agissait de trouver

un agent chimique qui, mis en contact avec une huile essentielle, en retînt le principe oxigéné et permît à l'hydrogène carboné de s'en dégager sans altération. Or nous avons trouvé que la potasse en fusion remplit parfaitement ce but.

» L'emploi de la potasse en fusion nous a permis de reconnaître l'existence de deux principes particuliers dans plusieurs essences, parmi lesquelles celles de cumin, de valériane et de camomille ont principalement fixé notre attention. Ces trois essences contiennent chacune une huile oxigénée que la potasse transforme en acide, et un hydrogène carboné sur lequel ce corps est sans action. L'hydrogène carboné de l'essence de valériane se transforme en camphre ordinaire sous l'influence de l'acide nitrique.

» Nous publions aujourd'hui les résultats auxquels l'étude de l'*essence de cumin* nous a conduits; nos recherches sur les deux autres huiles essentielles sont assez avancées pour suivre de près ce premier travail.

» L'huile essentielle de cumin préexiste dans la graine de ce nom, elle n'est point, comme les essences de moutarde et d'amandes amères, le résultat de l'action de l'eau sur certains principes qui constituent la graine. Pour nous assurer de ce fait, nous avons traité celle-ci successivement par de l'eau, de l'alcool anhydre et de l'esprit de bois, et ces divers traitements nous ont constamment fourni la même huile.

» Celle-ci renferme deux principes: l'un oxigéné forme le point de départ d'une série de combinaisons fort intéressantes, qui ont la plus grande analogie avec celles que l'étude de l'essence d'amandes amères a fait connaître dans ces dernières années.

» Ce corps, dont la composition se représente par

$$C^{40}H^{24}O^{2} = 4 \text{ vol. de vapeur,}$$

donne naissance, sous l'influence des alcalis et en général de tous les corps oxigénants, à un acide particulier

$$C^{40}H^{23}O^{4};$$

que l'on obtient avec la plus grande facilité à l'état cristallisé. La préparation de ce nouvel acide s'exécute avec une telle rapidité que l'on peut aisément, en moins d'une heure, en produire un kilogramme.

» Sous l'influence du chlore et du brome, le principe oxigéné de l'essence de cumin donne naissance à des corps dérivés par substitution du

même type :

$$C^{40}H^{22}Cl^{2}O^{2} \quad \text{et} \quad C^{40}H^{22}Br^{2}O^{2}.$$

Ces composés se transforment dans l'acide dont nous venons de parler, lorsqu'on les soumet à l'action de l'eau.

» Mis en contact avec le potassium, le principe oxigéné de l'essence de cumin dégage de l'hydrogène et produit une combinaison

$$C^{40}H^{22}KO^{2}$$

que l'on peut assimiler au salicylure de potassium. L'eau décompose cette combinaison en huile primitive et en potasse.

» L'acide particulier qui résulte de l'oxidation de l'essence de cumin, donne, lorsqu'on le soumet à l'action simultanée de la chaleur et d'un excès de base, un hydrogène carboné,

$$C^{36}H^{24} = 4 \text{ vol. de vapeur}$$

qui partage beaucoup de propriétés avec la benzine de M. Mitscherlich. Ainsi il se combine avec l'acide sulfurique, en produisant une espèce d'acide vinique dont les sels cristallisent admirablement. Le sel de baryte a la composition

$$C^{36}H^{22}S^{2}O^{5}BaO.$$

» Enfin le principe hydro-carboné qui se rencontre dans l'essence de cumin, a pour composition

$$C^{40}H^{28} = 4 \text{ vol. de vapeur.}$$

Il a également beaucoup d'analogie avec la benzine, car il se combine comme elle avec l'acide sulfurique en formant un nouvel acide vinique. La composition du sel de baryte qu'on obtient avec ce dernier se représente par

$$C^{40}H^{26}S^{2}O^{5}, BaO.$$

» Les deux principes qui constituent l'essence de cumin et dont nous venons d'esquisser l'histoire, se prêtent, comme on le voit, à une foule de transformations remarquables. Les produits auxquels ils donnent naissance se distinguent tous par leur netteté de forme et de composition.

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

ARITHMÉTIQUE. — *Note sur quelques propositions d'arithmologie élémentaire; par* M. LÉON LALANNE.

(Commission nommée pour les machines à calculs du même auteur.)

« Dans la séance du lundi 16 novembre, M. Cauchy a communiqué à l'Académie des procédés de calcul nouveaux d'une grande utilité pour les personnes qui sont obligées de faire souvent des opérations numériques. L'imposante autorité de ce géomètre vient donc s'ajouter à celle de Lagrange et de Laplace, et prouve que l'on peut encore tirer parti des principes les plus élémentaires de l'arithmologie pour obtenir des résultats curieux et inédits.

» L'arithmétique *positivo-négative* semble propre à faciliter les recherches relatives à certaines propriétés des nombres. Pour en donner un seul exemple bien simple, j'applique la notation de M. Cauchy (*Comptes rendus*, 2e semestre 1840, page 796) au système de numération ternaire, et j'écris de la manière suivante les nombres naturels successifs

(a) $\quad 1,\ 1\bar{1},\ 10,\ 11,\ 1\overline{11},\ 110,\ 1\bar{1}1,\ 10\bar{1},\ 100,\ 101,\ 11\bar{1},\ 110,$ etc.,

qui, dans notre système ordinaire de numération, sont respectivement représentés par

$$1,\ 2,\ 3,\ 4,\ 5,\ 6,\ 7,\ 8,\ 9,\ 10,\ 11,\ 12,\ \text{etc.}$$

» Or il est facile de voir que tous les termes de la série (a) se composent exclusivement des nombres de la progression triple

$$1,\ 3,\ 9,\ 27,\ 81,\ \text{etc.},$$

combinés entre eux par voie d'addition et de soustraction, sans jamais être pris deux fois dans le même terme. Ainsi le nombre 11 s'écrit sous la forme $11\bar{1}$ dans le système ternaire *positivo-négatif*, ce qui revient à l'identité

$$11\bar{1}\ (\text{système ternaire}) = 1 + 3 + 3^2 = 11\ (\text{système décimal}).$$

Donc *tout nombre entier est la somme d'un certain nombre de puissances entières et positives de 3, combinées par voie d'addition ou de soustraction, et répétées chacune une seule fois dans ce nombre, qui ne peut d'ailleurs être formé que d'une seule manière par la combinaison de ces puissances.*

» Il suffit d'écrire la suite des nombres naturels dans le système positivo-négatif ternaire, pour reconnaître immédiatement cette loi que Euler a démontrée dans ses recherches curieuses sur la *partition des nombres.* On sait d'ailleurs qu'à l'inspection seule de la suite des nombres naturels écrits dans le système binaire, on retrouve aussi la loi analogue qui a lieu pour les termes de la progression double

$$1,\ 2,\ 4,\ 8,\ 16,\ 32, \ldots,$$

combinés seulement par voie d'addition.

» Ainsi, par exemple,

$$10111 \text{ (système binaire)} = 1 + 2 + 2^2 + 2^4 = 23 \text{ (système décimal)}.$$

Ces propriétés remarquables des systèmes binaire et ternaire sont utilisées quelquefois pour la pesée des corps. Le dernier système est celui qui exige l'assortiment de poids le moins considérable pour peser jusqu'à la limite la plus éloignée. Ainsi avec les poids $1, 3, 3^2, \ldots, 3^n$, on pèse jusqu'à $\frac{1}{2}(3^{n+1} - 1)$, tous les poids entiers possibles.

» Il n'est pas sans intérêt d'observer qu'avec la notation positivo-négative cinq chiffres suffisent pour le système undécimal aussi bien que pour le système décimal; et généralement que n chiffres suffisent dans les systèmes de numération qui ont pour bases $2n$ ou $2n + 1$. Lorsque la base du système est un nombre pair $2n$, il y a toujours deux manières d'exprimer tous les nombres naturels compris dans la formule $n(2k + 1)$, k étant un nombre entier quelconque. Ainsi, dans le système décimal positivo-négatif, on peut représenter 5 par $1\bar{5}$, 15 par $2\bar{5}$, $2\bar{5}$ par 35, et ainsi de suite.

» Les démonstrations de certaines propositions élémentaires offrent aussi un sujet intéressant de recherches, et paraissent susceptibles d'être présentées sous une forme nouvelle. Tel est le principe relatif à la constance du produit de plusieurs facteurs, quel que soit l'ordre dans lequel la multiplication soit effectuée. Dans les livres destinés à l'enseignement on démontre *de visu* ce principe pour deux facteurs, en faisant observer qu'on doit obtenir nécessairement le même résultat en comptant soit par lignes

horizontales, soit par lignes verticales, des points équidistants disposés carrément, et dont le nombre, dans chaque rangée horizontale, représente un des facteurs, dans chaque rangée verticale, l'autre facteur. On peut appliquer un mode de démonstration semblable à un produit d'un nombre quelconque de facteurs, au lieu d'avoir recours à des transformations qui n'ont peut-être pas, aux yeux des élèves, le même caractère d'évidence. Prenons pour exemple le produit de quatre facteurs $7 \times 3 \times 5 \times 4$. Écrivons d'abord sept points sur une ligne horizontale, et répétons deux fois cette ligne au-dessous d'elle-même, dans le sens vertical, de manière à avoir vingt-un points rangés sous forme rectangulaire; plaçons quatre rectangles pareils à côté l'un de l'autre, et du premier, dans une même bande horizontale, et enfin répétons cette bande trois fois au-dessous d'elle-même, de manière à en avoir quatre semblables : le nombre des points, dans l'ordre où nous les avons tracés, est exprimé par $7 \times 3 \times 5 \times 4$. Maintenant il est très facile de se convaincre à l'inspection seule de la figure, que le produit ne change pas quel que soit l'ordre des facteurs. Ainsi, par exemple, pour obtenir le produit $5 \times 3 \times 7 \times 4$, on prendra un des points d'angle des cinq rectangles de la première bande horizontale, et on le comptera à la même place dans ces cinq figures; on comptera successivement dans le même ordre, sur les mêmes figures, les deux autres points qui sont sur la même ligne verticale que le premier; on répétera cette énumération sur chacune des six autres rangées verticales de chacun des cinq rectangles désignés, ce qui épuisera le nombre total des points contenus dans la bande horizontale supérieure; enfin on ajoutera au nombre ainsi obtenu les trois nombres égaux que donnent les trois autres bandes horizontales, et l'on aura compté tous les points dans l'ordre $5 \times 3 \times 7 \times 4$. Comme d'ailleurs on n'a pris chaque point qu'une seule fois, il en résultera $5 \times 3 \times 7 \times 4 = 7 \times 3 \times 5 \times 4$. »

PALÉONTOLOGIE. — *Indication des caractères distinctifs et différentiels des espèces nouvelles de coquilles fossiles trouvées dans le terrain crétacé du département de l'Aube, avec des remarques sur quelques espèces connues appartenant au même terrain; par* M. A. Leymerie.

Ce travail est destiné à servir de complément à un mémoire géologique sur le terrain crétacé du département de l'Aube, présenté par M. Leymerie, dans la séance du 13 avril.

(Renvoi à la Commission nommée pour le précédent Mémoire.)

ANATOMIE. — *Recherches sur quelques dispositions anatomiques de l'axe nerveux cérébro-spinal, qui permettent de concevoir par quelles voies s'opère l'influence croisée de l'encéphale sur les organes actifs du mouvement volontaire; par* M. **Foville**.

(Commission nommée pour un précédent Mémoire du même auteur sur le système cérébro-spinal.)

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Remarques sur le système proposé par* M. Vilback *pour passer les courbes de tout rayon dans les chemins de fer; par* M. **Laignel**.

Dans cette Note M. Laignel s'attache principalement à faire voir que les heurtoirs fixes proposés par M. Vilback ne peuvent pas servir pour passer dans les embranchements.

(Commissaires, MM. Coriolis, Piobert, Séguier.)

M. **Laurent** fils présente un modèle de *roue hydraulique* à aubes mobiles, roue qui peut fonctionner même quand elle est complétement submergée.

(Commissaires, MM. Coriolis, Gambey, Séguier.)

M. **Fizeau** prie l'Académie de vouloir bien charger une Commission de faire un rapport sur sa déconverte pour la *fixation des images photographiques*.

(Commissaires, MM. Arago, Dumas, Pelouze.)

CORRESPONDANCE.

M. **Arago** annonce que M. *Dumas*, actuellement occupé de quelques expériences sur la combustion du diamant, a trouvé, pour ces recherches de grandes facilités dans la bienveillance et la libéralité avec laquelle M. *Alphen*, marchand de diamants, membre du conseil-général des hospices, s'est prêté à tous ses desirs. M. Arago annonce encore que M. Alphen est disposé à confier à M. *Regnault* toute la quantité de diamants qui sera nécessaire pour que les expériences que ce jeune académicien vient d'entreprendre sur la détermination de la chaleur spécifique de cette espèce de corps, aient toute la précision desirable.

M. Arago propose d'adresser à M. Alphen les remercîments de l'Académie.

Cette proposition est adoptée.

La famille de M. le lieutenant-général **Krayenhoff**, gouverneur d'Amsterdam, correspondant de l'Académie pour la section de Navigation, annonce la mort de ce savant, décédé à Nimègue le 24 octobre, dans sa quatre-vingt-deuxième année.

PHYSIOLOGIE. — *Recherches sur les animalcules spermatiques.* — Lettre de M. le docteur **Prévost**, de Genève, à M. *Dumas*. Du 18 mai 1839 (1).

« .... Les animalcules n'ont pas cette extrémité arrondie en tête, que nous avons figurée et tant d'autres avec nous. Voici ce que j'ai vu sur la Grenouille, la Salamandre, le Crapaud. Lorsqu'on retire la semence du canal déférent et qu'on l'observe immédiatement, on voit que l'animalcule se compose, 1° d'une portion antérieure très mobile et très effilée, fort transparente et se mouvant avec rapidité; 2° d'une partie moyenne plus épaisse ; 3° d'une queue effilée et transparente aussi, plus mobile que le corps.

» Chez la Salamandre cette portion transparente postérieure se termine par un long filet qui se recourbe en avant.

» Lorsque l'animalcule délayé dans l'eau a été quelque temps sous le microscope, la portion antérieure se recourbe, s'applique au corps par son extrémité, et prend cette apparence de tête qui nous a trompés. J'ai répété cette expérience très soigneusement sur la Grenouille, le Crapaud, la Salamandre et la Couleuvre.

» Les animalcules n'arrivent pas tout formés dans les testicules; ils s'y développent et y croissent. Chez les animaux à sang froid, la Grenouille, par exemple, l'animalcule spermatique en décembre est très court. On n'y distingue pas ces parties antérieures et postérieures, bien qu'il soit doué de mouvement.

---

(1) Cette lettre déjà ancienne n'était pas destinée à la publication, mais M. Lallemand, à qui j'en ai donné connaissance, et moi-même, nous avons pensé que, par la concordance des faits qu'elle renferme avec les résultats communiqués à l'Académie par M. le docteur Lallemant, elle devait intéresser les physiologistes.

(*Note de M. Dumas.*)

» Les animalcules spermatiques sont sensibles aux poisons; ainsi, l'acide hydrocyanique abolit immédiatement leurs mouvements. De même la strychnine les tue, quoique moins vite; elle leur donne des crispations; ils se roulent et se tordent en tout sens avant de perdre leur mouvement.

» Les animalcules peuvent supporter un froid de 8 à 10° au-dessous de zéro, sans perdre leur mouvement. J'ai exposé à un froid de 8 à 10° au-dessous de zéro des testicules de Grenouille. Je les ai dégelés lentement dans de l'eau froide, et j'ai retrouvé dans le liquide qu'ils contenaient des animalcules plein de mobilité.

» Si l'on arrête la putréfaction des testicules d'une grenouille en les entourant de charbon pilé, on retrouve les animalcules très mobiles au bout de cinq ou six jours. En trois jours, les testicules exposés à l'air n'offrent plus d'animalcules mobiles.

» J'ai fécondé l'une par l'autre les deux espèces de grenouille, la *Rana esculenta* et la *Rana temporaria*, mais je n'ai rien pu obtenir entre le Crapaud et la Grenouille.

» J'ai répété notre ancienne expérience des filtres d'une manière nouvelle avec le même résultat. J'ai mis dans une vessie de l'eau chargée de liqueur spermatique. En mettant l'extérieur et l'intérieur de la vessie en communication avec les pôles d'une pile, on obtient une filtration, comme on sait. La liqueur ainsi filtrée n'est nullement fécondante, tandis que le liquide contenu dans la vessie féconde toujours parfaitement bien. »

PHYSIQUE. — *Sur les circonstances qui déterminent un dégagement d'électricité, quand de l'eau passe de l'état liquide à l'état de vapeur.* — Note de M. **Peltier.**

« Le 29 septembre dernier, le mécanicien de la machine à vapeur de la mine de Cramlington, près Newcastle-sur-Tyne, reçut une commotion électrique au moment qu'il approchait une main du levier de la soupape de sûreté, l'autre étant plongée dans la vapeur qui s'échappait de la fissure d'un enduit isolant. Dans les jours suivants, les expériences prouvèrent que cette vapeur était positive, qu'elle cessait d'être électrique lorsque la chaudière était nettoyée au dedans, qu'elle ne redevenait électrique qu'après la formation d'un dépôt salin, que la tension croissait avec l'épaisseur de ce dépôt et qu'une plus haute pression suspendait pour un moment la production électrique. Mes recherches sur les causes qui rendent les vapeurs électriques me permettent de donner l'explication de ce fait.

» Lorsqu'on verse de l'eau distillée sur un morceau de platine incandescent, on sait qu'elle se globulise, qu'elle ne mouille pas le métal d'abord, qu'elle exécute une succession de mouvements, qu'elle diminue beaucoup, puis qu'elle s'étale en mouillant le métal et disparaît instantanément réduite en vapeur. Pendant l'évaporation progressive ou brusque de cette eau, il n'y a jamais d'électricité produite.

» Au lieu d'eau distillée, si l'on prend une dissolution de sel marin, il est rare que l'on ait un signe électrique à la première expérience; mais si on la recommence sans avoir nettoyé le platine, la couche saline laissée par la première goutte d'eau est reprise par la seconde et la sature à un plus haut degré. Lorsque la goutte est réduite au tiers environ, on entend une décrépitation accompagnée de projections salines et d'une production d'électricité négative pour le reste de la goutte. Si l'on répète les expériences sans retirer la couche saline, devenue plus épaisse, la décrépitation commence plutôt, les projections sont plus abondantes et l'électromètre indique une plus haute tension. Pendant cette partie du phénomène, si le platine s'est assez refroidi pour que le mouillage ait lieu, la goutte s'étend et elle est sur-le-champ réduite en vapeur. Cette évaporation subite, au lieu d'augmenter la déviation électrique, enlève une partie ou la totalité de celle qui a été produite pendant la décrépitation. Ainsi, avant et après cette décrépitation, il n'y a pas d'électricité produite, quelle que soit la quantité de vapeur qui s'élève de la goutte d'eau.

» La décrépitation et les projections salines indiquaient assez que l'évaporation n'était qu'un accessoire de la production électrique, que l'électricité provenait de la décomposition chimique des molécules hydratées qui se déposaient sur le métal possédant une haute température. Pour le prouver, on remplace la dissolution par un sel hydraté qui donne le même résultat. Le nitrate d'ammoniaque, qui se décompose si facilement, fond d'abord dans son eau de cristallisation; il y a ensuite une grande évaporation sans produire d'électricité, puis arrive la décrépitation et les projections salines, pendant lesquelles il s'en produit beaucoup. C'est donc au moment de la transformation en vapeur de l'eau combinée à cette température que l'électricité est produite, et non pendant la séparation de l'eau surabondante.

» Si c'est un sel, comme le chlorure de sodium, qui ne contient que de l'eau interposée, qu'on expose à une haute température, il décrépite et produit un peu d'électricité: l'eau interposée étant saturée, produit les mêmes effets, à l'intensité près, que la dissolution au moment qu'elle de-

vient libre. Si c'est un sel indécomposable par la chaleur et presque insoluble, comme le carbonate de baryte, il n'y a pas d'électricité produite avec ou sans eau; tandis que le carbonate de potasse qui n'en donne pas sans eau, donne une vapeur fortement négative avec de l'eau. Suivant la nature des substances, les vapeurs sont positives ou négatives; ainsi le sulfate de cuivre, le nitrate d'ammoniaque, etc., donnent des vapeurs positives, tandis que le nitrate de chaux, le carbonate de potasse, l'acide oxalique, les alcalis, etc., donnent des vapeurs négatives.

» Ce qui précède explique le phénomène de Cramlington: si la chaudière est propre, il n'y a pas d'électricité, elle commence à paraître lorsque le dépôt salin indique une saturation supérieure à la température exigée par la haute pression de la machine. L'électricité croît avec la couche de sel; si l'on augmente la pression, l'électricité disparaît un moment pour reparaître lorsque la nouvelle capacité de saturation de l'eau sera satisfaite. Ainsi, dans la chaudière comme dans la capsule de platine, les mêmes causes produisent les mêmes effets. On pourra peut-être utiliser cette manifestation électrique pour apprécier l'état d'incrustation et les changements brusques de température dans l'intérieur de la chaudière. »

MÉDECINE. — *Observations relatives aux effets thérapeutiques des bains d'air comprimé; par* M. **Pravaz.**

« L'Académie a déjà reçu plusieurs communications relatives à l'emploi thérapeutique du bain d'air comprimé; je lui ai fait connaître en particulier l'utilité de ce moyen dans le traitement des surdités catharrhales, si souvent rebelles aux ressources ordinaires de l'art. Je viens aujourd'hui exposer brièvement les résultats d'une nouvelle application du bain pneumatique, qui me paraît offrir un double intérêt; car elle concourt, d'une part, à donner une interprétation satisfaisante des bons effets obtenus par M. *Tabarié* et par moi de l'accroissement de la pression atmosphérique dans quelques affections de poitrine; elle fournit, d'un autre côté, le moyen de remédier à certains vices de conformation sur lesquels la mécanique orthopédique n'a aucune prise.

» On sait que la pleurésie, lorsqu'elle est suivie d'épanchement considérable, donne souvent lieu à l'atrophie de l'un des poumons. *Shaw, Boyer, Delpech*, ont signalé cette circonstance comme l'une des causes des déviations latérales de l'épine; or il est manifeste que, dans ce cas, ni l'extension, ni l'inclinaison du rachis en sens contraire des courbures, et encore

moins la section des muscles du dos ne peuvent agir sur la difformité, car elles sont incapables de rendre à l'un des côtés du thorax l'amplitude qui lui manque.

» Le bain d'air comprimé m'a servi à remplir cette indication dans le cas que je vais rapporter succinctement.

» Un jeune garçon âgé de quatorze ans avait éprouvé dans les premières années de sa vie une attaque violente de pleurésie. A la suite de cette affection, le côté droit de la poitrine fut frappé d'atrophie; le côté gauche, au contraire, parut se développer plus que d'ordinaire comme pour suffire seul à l'hématose. Il était résulté de là une déviation latérale de l'épine avec gibbosité très apparente à gauche. La respiration courte et laborieuse dans l'état ordinaire, devenait encore plus difficile lorsque le sujet se livrait à un exercice plus actif que de coutume; la cause la plus légère suffisait pour déterminer une affection catharrhale opiniâtre, la toux était habituelle, la nutrition languissante.

» Consulté pour ce jeune malade, M. le docteur *Bottex* reconnut que le poumon droit était absolument imperméable à l'air; il conseilla le bain pneumatique pour dilater les cellules pulmonaires dont il supposait les parois plissées et rapprochées par la coarctation du thorax. Après quinze jours de l'emploi de ce moyen, l'air pénétrait dans le tiers supérieur du poumon droit, la toux avait notablement diminué. Au bout de quatre mois de traitement la respiration s'exécutait dans la presque totalité de l'organe, le côté atrophié s'était considérablement développé et avait diminué proportionnellement l'irrégularité du torse, la nutrition se faisait avec énergie.

» Toutes les circonstances qui apportent un obstacle permanent à l'amplitude normale de la respiration, amènent consécutivement une atrophie plus ou moins prononcée des poumons, et un changement dans la forme de la poitrine. Le professeur Dupuytren et plus récemment M. *Mason Warren*, de Philadelphie, ont signalé la tuméfaction chronique des amygdales comme déterminant ce résultat, et ont employé avec succès l'excision de ces glandes pour rétablir la régularité du thorax. La chirurgie serait absolument impuissante à remédier à la dépression sternale qui constitue l'une de ces difformités, si cette dépression était originelle, ou reconnaissait pour cause tout autre obstacle à la respiration qu'une amygdalite chronique, tel par exemple que l'étroitesse des fosses nasales à la suite de corysa habituel. Le bain d'air comprimé me paraît seul capable de remédier à ce vice de conformation qui amène quelquefois des conséquences très graves pour

la santé; je l'ai vu du moins réussir complétement, après que tous les autres moyens avaient échoué, chez une jeune personne de quatorze ans, dont le sternum offrait une dépression congéniale très prononcée, et qui, par suite de cette angustie de la poitrine, était sujette à des hémoptisies abondantes et périodiques.

» Les médecins trouveront une analogie frappante entre ces résultats et ceux que le docteur *Steinbrenner* a publiés pour démontrer que l'exercice actif et répété des muscles inspirateurs et expirateurs peut développer assez promptement la cavité thoracique rétrécie et remédier ainsi à l'une des causes prédisposantes de la phthisie tuberculeuse.

» L'augmentation de la pression atmosphérique n'agit pas seulement d'une manière mécanique sur l'organisme vivant, elle modifie encore la constitution chimique du sang, et peut exercer de la sorte une grande influence sur l'innervation. C'est ce que j'ai eu lieu d'observer avec M. le docteur *Richard,* de Nancy, professeur de physiologie à l'École préparatoire de Médecine de Lyon, chez un paraplégique affecté d'incontinence d'urine. Traité sans succès pendant plusieurs années par le moxa, les eaux thermales de *Plombières, d'Aix en Savoie, d'Uriage*, et par les préparations de noix vomique, le malade fut soumis à l'action de l'air comprimé. Le premier bain qui fut administré à la pression de douze centimètres de mercure détermina dans les membres inférieurs une sensation de chaleur et de fourmillement très incommode; les suivants réveillèrent la contractilité musculaire, et diminuèrent l'inertie de la vessie; après deux mois de traitement, le malade, qui ne pouvait d'abord se relever seul du siége où il était assis, avait recouvré assez de forces pour se livrer à de longues promenades à pied, sans autre appui que celui d'une canne; l'urine avait cessé de s'écouler involontairement.

» Le nombre des expérimentateurs qui peuvent étudier l'action du nouveau moyen thérapeutique dont j'ai fait le premier l'application étant très limité, il m'a paru utile de donner de la publicité aux observations qui précèdent : elles encourageront, je l'espère, les médecins à tenter l'emploi du bain d'air comprimé dans un grand nombre de cas où la vitalité languissante aurait besoin d'être ranimée, et ne tolère cependant qu'avec peine l'excitation produite par les agents pharmaceutiques. Une expérience de plusieurs années m'a déjà démontré que dans les maladies chroniques de l'enfance, telles que le rachitisme et les scrophules, nul autre moyen ne pouvait lui être comparé, et je ne doute point que ma profonde conviction à cet égard ne soit bientôt partagée par tous les praticiens. »

PHYSIQUE APPLIQUÉE. — *Application aux besoins de la gravure des procédés de dorage par la voie humide.* — Extrait d'une Lettre de M. le professeur **DE LA RIVE** à M. *Dumas*.

« Un graveur de notre ville, M. Hammann, vient de faire une jolie application de mon procédé de dorage à la gravure à l'eau forte. Il a doré, au lieu de la recouvrir de cire, la plaque de cuivre destinée à recevoir la gravure à l'eau forte, puis il a tracé sur la surface de cette plaque les traits de son dessin, en enlevant l'or partout où passait sa pointe. Il a ensuite étendu l'eau forte qui a attaqué et corrodé le cuivre partout où il avait été mis à nu. Je vous envoie un échantillon d'une gravure faite par ce procédé; si vous trouvez qu'il en vaille la peine, veuillez avoir la bonté de le mettre sous les yeux de l'Académie. Ce procédé paraît présenter sur le procédé dans lequel on emploie la cire quelques avantages. D'abord l'enduit d'or étant permanent, on peut corriger la planche, si la première épreuve indique qu'il y a des défauts; dans l'autre procédé la cire une fois enlevée, il devient bien difficile de faire des corrections. De plus les traits qu'on peut tracer sur l'enduit d'or sont beaucoup plus fins et plus déliés que ceux qu'on trouve sur l'enduit de cire, ce qui tient à la dorure. Il paraît que la dorure avec le mercure, outre qu'elle est beaucoup plus chère, ne présente point les mêmes avantages et ne se prête point avec la même facilité à cette application. »

M. **BILLANT** présente le résultat d'un premier essai qu'il a fait pour rendre moins chers les *chronomètres à pointage*.

M. **GANNAL** adresse, comme document pour la Commission chargée de faire un rapport sur les propriétés alimentaires de la gélatine, une Note imprimée « sur l'emploi des os de la viande de boucherie consommée dans les hôpitaux de Paris ».

(Renvoi à la Commission de la gélatine.)

M. **DUBOIS** appelle l'attention de l'Académie sur quelques passages que l'on trouve dans les écrits des anciens et dans ceux du moyen-âge ou de la renaissance, relativement à des pratiques d'économie rurale ou d'économie domestique dont la théorie n'a pu être donnée que par les résultats de travaux assez récents des physiciens.

M. Dubois rappelle aussi un passage d'Aristote concernant l'hybernation des hirondelles.

M. Coubard annonce qu'il a terminé son travail sur les moyens propres à faire connaître aux riverains d'un cours d'eau sujet à des crues extraordinaires, les approches d'une inondation, plusieurs heures avant qu'ils n'en soient atteints.

M. Coubard demande que des Commissaires soient désignés pour prendre connaissance de son système.

On attendra pour nommer la Commission que M. Coubard ait fait parvenir son Mémoire.

La séance est levée à 5 heures. A.

Rectifications, données par les auteurs, relatives à divers résultats consignés dans les procès-verbaux des Séances des 16 et 23 novembre.

Page 798,		ligne 7,	*au lieu de*	9994^{t},	*lisez*	994^{t}
		ligne 19,	*au lieu de*	0,76923,	*lisez*	0,076923
Page 867,	1re col.	ligne 4,	*au lieu de*	1,3362,	*lisez*	1,3662
		ligne 13,	*au lieu de*	1,5639,	*lisez*	1,3639
		ligne 20,	*au lieu de*	1,3701,	*lisez*	1,3670
	2^{e} col.	ligne 2,	*au lieu de*	1,5175,	*lisez*	1,507
		ligne 5,	*au lieu de*	1,471,	*lisez*	1,501
		ligne 7,	*au lieu de*	1,4814,	*lisez*	1,509
		ligne 8,	*au lieu de*	1,4722,	*lisez*	1,500.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

L'Académie a reçu dans cette séance les ouvrages dont voici les titres:

Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des Sciences; 2e semestre 1840, n° 21, in-4°.

Annales des Sciences naturelles; juillet 1840, in-8°.

Leçons de Calcul différentiel et de Calcul intégral, rédigées d'après les méthodes et les ouvrages publiés ou inédits de M. Cauchy; par M. l'abbé MOIGNO; tome 1er (*Calcul différentiel*).

Société anatomique; 15e année, sept. et oct. 1840, in-8°.

De la Ferrure sous le point de vue de l'hygiène, ou de son influence sur la conservation tant des animaux que de leur aptitude au travail; par M. RODET; in-8°.

Voyage dans l'Inde; par M. VICTOR JACQUEMONT; 27e et 28e liv. in-4°.

Voyage dans la Russie méridionale et la Crimée; sous la direction de M. DEMIDOFF; 11e liv. in-8°, et 11e liv. de planches in-fol. — *Vues* faisant partie de la même publication; 1 liv. in-fol.

Essai sur les sensations des couleurs dans l'état physiologique et pathologique de l'OEil; Mémoire présenté à l'Académie des Sciences de Paris, par M. ZOKALISKI. (Extrait des *Annales d'Oculistique.*) In-8°.

De la nature des Êtres, essai ontologique; par M. GIROU DE BUZAREINGUES; Rodez, in-8°.

Esquisse géognostique sur le canton d'Allègre (Haute-Loire); par M. GRELLET; au Puy, 1839, in-8°, avec une carte-atlas.

Mémoire sur la présence de l'Arsenic dans le sang; par M. VANDEN-BROEEK. (Extrait de la *Revue scientifique et industrielle.*) In-8°.

Revue scientifique et industrielle; novembre 1840, in-8°.

Bulletin général de Thérapeutique médicale et chirurgicale; 9e et 10e liv., in-8°.

Journal d'Agriculture pratique, de Jardinage et d'Économie domestique; n° 5, in-8°.

Paléontologie française; par MM. D'ORBIGNY et DELARUE; 8e liv., in-8°.

Annuaire du Journal des Mines de Russie; Saint-Pétersbourg, 5 vol. in-8°.

Épistémonomie, ou Tables générales d'indication des Connaissances humaines, par MM. VANDER-MAELEN et MEISSER; prospectus; Bruxelles, in-8°.

Expériences sur la résistance à la flexion, et sur la résistance à la rupture des Fers forgés dont on fait le plus *usage en Piémont; par* M. GIULIO; Turin, 1840, in-4°.

Sur la détermination de la densité moyenne de la Terre; par le même; in-4°.

The Edinburgh.... *Nouveau journal philosophique d'Édimbourg;* oct. 1840, in-8°.

Astronomische.... *Nouvelles astronomiques de* M. SCHUMACHER; n° 412, in-4°.

Ueber den.... *Sur les Étincelles galvaniques; par* M. JACOBI. (Tiré du *Bulletin scientifique publié par l'Académie impériale des Sciences de Saint-Pétersbourg*, tome 4.) In-8°.

Ueber die.... *Sur l'Attraction électro-magnétique; par* le même. (Tiré du même ouvrage, vol. 5.) In-8°.

Tijdschrift.... *Journal d'Histoire naturelle et de Physiologie; par* MM. VANDER-HOEVEN et H. DE VRIÈSE; 7e vol., 1er et 2e cahier; Leyde, 1840, in-4°.

La Campania.... *La Campanie industrielle, ouvrage périodique, publié par la Société royale économique de la terre de labour;* Caserte, mai 1840, vol. 1er, 1er cahier, in-4°.

Gazette médicale de Paris; n° 48.

Gazette des Hôpitaux; n° 139—141.

L'Expérience, journal de Médecine; n° 178, in-8°.

La France industrielle; 26 nov. 1840.

COMPTE RENDU

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 7 DÉCEMBRE 1840.

PRÉSIDENCE DE M. PONCELET.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Mémoire sur la composition du sucre de gélatine et de l'acide nitrosaccharique; par* M. BOUSSINGAULT. (Extrait.)

« Je m'étais occupé, il y a deux ans, de la matière sucrée obtenue par M. Braconnot, en faisant réagir l'acide sulfurique sur la colle-forte. On se rappelle que l'existence du sucre de gélatine avait été mise en doute par plusieurs chimistes. En suivant les indications données par M. Braconnot, j'obtins dès-lors les deux substances qu'il avait signalées, le sucre et la leucine; mais après quelques essais, faits dans le but de fixer la composition de ces deux corps, je fus obligé d'interrompre mes recherches.

» Depuis, ce sujet a été abordé par d'autres chimistes; les résultats auxquels ils ont été conduits s'accordent sur quelques points avec ceux que j'ai obtenus, sur d'autres ils en diffèrent notablement. Comme j'ai fait tout ce qui a dépendu de moi pour donner de la précision à mes analyses, je ne puis que signaler ces discordances; des travaux ultérieurs décideront de quel côté sont les erreurs.

Sucre de gélatine.

» Les propriétés du sucre de gélatine sont suffisamment connues par le travail de M. Braconnot. Sa composition, déduite d'analyses faites sur des produits d'origine diverse, est :

	Trouvé.	Calculée.	
Carbone...........	33,85	34,00	C^{28}
Hydrogène.........	6,44	6,36	H^{26}
Azote......	20,00	20,05	Az^{8}
Oxigène...........	39,71	39,59	O^{14}

» Au moyen de quelques précautions indiquées dans mon Mémoire, on combine facilement le sucre de gélatine à l'oxide d'argent. La combinaison se présente sous la forme de cristaux incolores; elle est peu soluble dans l'eau froide.

	Sucre combiné.	Combinaison.
Carbone...........	37,67	13,66
Hydrogène........	6,12	1,21
Azote.............	22,26	8,07
Argent...........	»	63,95
Oxigène..........	33,95	12,31

composition qui conduit à la formule

$$C^{30} H^{30} Az^{8} O^{11} (AgO)^{1}$$

	Sucre combiné.	Combinaison.
Carbone..............	37,65	13,33
Hydrogène........ ...	5,86	2,08
Azote................	22,16	7,87
Argent.....	»	64,50
Oxigène.............	34,43	12,22

» Le sucre de gélatine s'unit avec la plus grande facilité aux oxides de cuivre et de plomb.

» Ces deux combinaisons sont très solubles dans l'eau.

» La combinaison cuivrique s'obtient en une masse cristalline d'un bleu-azur; son analyse confirme pleinement la formule tirée du sel d'argent.

» La combinaison plombique cristallise en belles aiguilles incolores; sa dissolution est entièrement décomposée par l'acide carbonique.

» J'ai éprouvé quelques difficultés à obtenir cette combinaison en proportions constantes. La proportion d'oxide de plomb a plusieurs fois varié de 63 ½ à 64 ½. Cependant, par un traitement suffisamment prolongé, on peut obtenir un sel renfermant 64,9 gr. d'oxide, quantité trop forte pour la formule adoptée.

	Sucre.			Combinaison.	
	Trouvée.	Calculée.		Trouvée.	Calculée.
C...	37,55	37,55	C...	13,29	13,68
H..	5,90	5,96	H...	2,04	2,13
Az..	22,20	22,16	Az..	7,78	8,07
O...	34,27	34,43	O...	11,99	12,54
			PbO.	64,96	63,58

Acide nitrosaccharique.

» Cet acide se prépare en dissolvant le sucre de gélatine dans de l'acide azotique faible. On chauffe légèrement, et par le refroidissement la dissolution cristallise; on ne remarque aucune réaction, c'est réellement une simple dissolution du sucre dans l'acide.

» L'acide nitrosaccharique a une saveur très acide en même temps que légèrement sucrée.

» J'ai analysé l'acide sous trois états : cristallisé, desséché à 110°, et dans les sels.

» Desséché à 110°, l'acide nitrosaccharique contient

Trouvée.		Calculée.	
C...	18,1	C^{16}...	18,2
H...	4,2	H^{42}..	4,0
Az..	21,2	Az^{16}..	21,5
O...	56,5	O^{37}..	56,3

» Le nitrosaccharate d'argent cristallise très facilement. Plusieurs accidents que j'avais éprouvés en chauffant les nitrosaccharates de plomb et de cuivre, me firent prendre quelques précautions pour décomposer ce nitrosaccharate. Je reconnus bientôt, à ma grande surprise, que ces précautions sont complétement inutiles. Ce sel d'argent brûle sans détoner. Sa

composition est :

	Acide.	Sel.
Carbone..........	19,61	10,08
Hydrogène........	3,63	1,86
Azote...........	23,01	11,83
Oxigène..........	53,75	27,63
Argent..........	»	48,60

» Le poids atomique qui se déduit de cette composition, en supposant un atome de base dans le sel, est 1535,2. Mais les quotients atomiques indiquent évidemment que l'acide nitrosaccharique est polybasique. En effet, ces quotients sont

C... 8,0 H... 8$\frac{1}{4}$ Az... 4,0 O... 8$\frac{1}{4}$, etc.

Le nitrosaccharate d'argent devient par conséquent

$$C^{32} H^{34} Az^{16} O^{33} (AgO)^4.$$

Ainsi l'acide desséché à 110° perd 4 atomes d'eau qui se trouvent remplacés par 4 atomes d'oxide d'argent. L'analyse du nitrosaccharate de potasse conduit précisément à la même conséquence.

» Il suffit de jeter les yeux sur les formules renfermées dans mon Mémoire, pour être convaincu que dans l'acide nitrosaccharique, l'acide azotique s'y trouve non modifié.

» Les nitrosaccharates peuvent être représentés comme résultant de l'union de l'acide azotique avec le saccharate correspondant, ou bien encore comme la combinaison du sucre de gélatine avec un azotate. On peut en effet obtenir les nitrosaccharates en traitant les saccharates par l'acide azotique.

Sucre de gélatine non combiné...	$C^{32} H^{36} Az^8 O^{14}$
Sucre dans les sels............	$C^{32} H^{30} Az^8 O^{11}$
Combinaison argentique.......	$C^{32} H^{30} Az^8 O^{11} (AgO)^4$
Combinaison cuivrique........	$C^{32} H^{30} Az^8 O^{11} (CuO)^4$
Combinaison plombique.......	$C^{32} H^{30} Az^8 O^{11} (PbO)^4$
Acide nitrosaccharique cristallisé	$C^{32} H^{30} Az^8 O^{11} (Az^2 O^5)^4 (H^2O)^9$
Acide desséché à 110°..........	$C^{32} H^{30} Az^8 O^{11} (Az^2 O^5)^4 (H^2O)^8$
Acide dans les sels............	$C^{32} H^{30} Az^8 O^{11} (Az^2 O^5)^4 (H^2O)^4$
Nitrosaccharate d'argent.......	$C^{32} H^{30} Az^8 O^{11} (Az^2 O^5)^4 (AgO)^4 (H^2O)^4$
Nitrosaccharate de potasse......	$C^{32} H^{30} Az^8 O^{11} (Az^2 O^5) (KO)^4 (H^2O)^4$

« M. Adolphe Brongniart fait hommage d'un Mémoire qu'il vient de publier sous le titre d'*Observations sur la structure intérieure du* Sigillaria elegans *comparée à celle des* Lepidodendron *et des* Stigmaria *et à celle des végétaux vivants*.

» Il rappelle à ce sujet que jusque dans ces derniers temps les tiges des végétaux fossiles des terrains anciens n'avaient pu être comparées aux végétaux vivants que dans leurs formes extérieures, que depuis quelques années seulement on a trouvé dans les houillères d'Angleterre un rameau de *Lepidodendron* et quelques portions de tiges de *Stigmaria*, dont la structure intérieure était assez bien conservée pour qu'on ait pu en apprécier les détails en taillant des lames minces de ces tiges suivant le procédé ingénieux du professeur Nicoll, d'Édimbourg.

» C'est par cette méthode que l'auteur a pu étudier la structure des diverses parties d'une petite tige fossile de *Sigillaria elegans* trouvée aux environs d'Autun, dans des terrains dépendant de la formation houillère. Il résulte de ses recherches que ce *Sigillaria* diffère beaucoup par sa structure interne des tiges des Fougères en arbres près desquelles il avait placé précédemment le genre *Sigillaria*, ainsi que de celles des *Lepidodendron*, végétaux fossiles du même terrain; que cette plante se rapproche au contraire des *Stigmaria* parmi les fossiles, et des Cycadées parmi les plantes vivantes. »

RAPPORTS.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Rapport sur une machine à faire les briques, inventée par* M. Carville.

(Commissaires, MM. Poncelet, Gambey et Séguier rapporteur.)

« Vous nous avez chargés d'examiner la machine à fabriquer les briques, inventée par M. Carville.

» Nous venons vous rendre un compte succinct des fonctions de cette machine et des avantages que présente son emploi.

» Pour vous en faire facilement comprendre le mécanisme, nous allons envisager séparément et l'une après l'autre les diverses opérations qu'un tel appareil exécute. Parlons donc successivement du broyage de la terre, du moulage et du démoulage des briques.

» Le broyage de la terre, cette opération si essentielle, puisqu'elle seule

assure la qualité des produits, s'exécute dans un cylindre vertical, au moyen d'un axe en fer muni de bras placés en étages et garnis de couteaux. Un cheval, à l'aide d'un levier, imprime à cet axe un mouvement de rotation. La terre jetée dans le cylindre par son extrémité supérieure est ainsi sans cesse coupée, recoupée et pétrie. La matière, bien malaxée, est chassée dans les moules au travers d'une ouverture latérale pratiquée vers la base du cylindre.

» Des palettes, inclinées en forme d'ailes de moulin à vent, sont liées à l'extrémité inférieure de l'axe vertical. La pression résultant de l'inclinaison de ces palettes constamment appuyées contre la terre, pendant leur mouvement de rotation, force la matière à fuir à travers l'ouverture; une petite vanne en tôle règle et limite sa sortie.

» Une chaîne sans fin, composée de cadres en fonte joints à charnière les uns aux autres en passant sous la base du cylindre, s'y remplit de la matière préparée.

» Un lourd rouleau de fonte commence la compression; elle s'achève par l'étirage des moules chargés au travers d'une espèce de filière composée de deux plaques de tôle dont les surfaces ne sont pas tout-à-fait parallèles.

» Le démoulage s'exécute immédiatement après la compression, à l'aide d'un refouloir agissant de haut en bas; en laissant participer le refouloir pendant le démoulage au mouvement de translation de la chaîne des moules, on a obtenu des fonctions continues avec une grande simplicité de mécanisme. L'instant précis de l'action du refouloir est très ingénieusement déterminé par des buttoirs attachés aux moules eux-mêmes; son mouvement ainsi emprunté à celui de la chaîne au moyen d'organes restant dans des rapports invariables avec les moules, soustrait la machine à tous les inconvénients qui résulteraient de l'allongement de la chaîne par suite de l'usure inévitable des charnières.

» L'adhérence de la terre aux parois latérales des moules ou cadre est évitée par leur immersion pendant une demi-révolution dans l'eau, dont un bac placé sous la machine est rempli.

» Deux trémies sont intercalées dans le mécanisme, avant et après le réceptacle où la terre est préparée; elles répandent à propos, au moyen d'un cylindre cannelé, le sable fin dont elles sont constamment pourvues; l'une verse le sable, avant le remplissage des moules, sur des plaques de tôle liées en forme de chaîne sans fin, cheminant avec les moules pour leur servir de fond; l'autre trémie saupoudre la surface des briques avant la compression. Ainsi se trouve encore évitée l'adhérence de la matière, soit avec le rouleau

qui commence la compression, soit avec la filière qui l'achève, soit avec le refouloir qui démoule.

» Par surcroît de précaution, et pour obtenir des surfaces plus unies, un léger filet de liquide humecte continuellement le rouleau de pression. Les briques sont reçues, au fur et à mesure de leur démoulage, sur une toile sans fin qui pourrait les conduire jusqu'au séchoir.

» Telle est, Messieurs, la disposition générale des divers organes mécaniques constituant la machine renvoyée par vous à notre examen. Témoins des fonctions de cet appareil, nous en avons été pleinement satisfaits. Un seul cheval, en tournant au pas, a préparé et moulé devant vos Commissaires environ 1500 briques à l'heure; ils ont pu se convaincre de la parfaite malaxation des matières, en divisant ou rompant un grand nombre des briques façonnées.

» Pour contrôler cette intéressante machine sous le point de vue économique, vos Commissaires ont manqué de bases suffisantes. Cependant rien ne les porte à contredire M. Carville, lorsqu'il prétend effectuer, au prix réduit de deux francs, le moulage d'un millier de briques, habituellement payé plus cher. Sans discuter ce prix de revient, que des circonstances indépendantes de la machine peut faire varier, vos Commissaires se renferment dans l'examen critique du mécanisme présenté et ne peuvent que rendre hommage à sa bonne et simple disposition. Ils vous proposent donc de déclarer digne de votre approbation la machine inventée par M. Carville pour façonner les briques. »

Les conclusions de ce Rapport sont adoptées.

MÉMOIRES LUS.

PHYSIQUE. — *Théorie de l'œil; par* M. VALLÉE. 2ᵉ Mémoire.

(Extrait par l'auteur.)

(Commission nommée pour le premier Mémoire.)

« Ce Mémoire est composé de deux chapitres :

» Dans le premier, j'examine diverses considérations relatives à la marche des rayons lumineux dans l'œil.

» Je montre d'abord que l'hypothèse de l'homogénéité de l'humeur vitrée est fort peu admissible. Je m'occupe ensuite des expériences qu'on fait avec l'optomètre, plus ou moins perfectionné, et je passe aux expériences plus importantes encore, dues à l'instrument auquel j'ai donné le

nom d'*optochromomètre*. Il résulte de ces dernières expériences, que la distance de la vision distincte d'un point change en raison de la coloration des rayons qu'on laisse arriver dans l'œil, et que, par conséquent, les rayons lumineux différemment colorés forment des faisceaux séparés dans l'humeur vitrée, à l'endroit de la rétine. A la rigueur, ce fait suffirait pour montrer que la lumière ne traverse pas cette humeur en ligne droite.

» Dans le même chapitre, je m'occupe de la configuration géométrique de l'image du fond de l'œil. Je me suis proposé, après M. Magendie, de déterminer les lois auxquelles cette image est soumise. Les yeux de lapin albinos m'ont fourni les meilleurs moyens d'opérer. Je plaçais un œil dont l'axe optique était horizontal, dans une capsule faite exprès, et je déterminais, pour des positions données d'une bougie, les positions de l'image. J'ai opéré aussi sur des yeux de bœuf dont la sclérotique était percée d'entailles qui mettaient la choroïde à nu. Ces recherches m'ont conduit à voir que les droites virtuelles menées des images de la choroïde aux objets, dans l'œil mort, sont à peu près normales au fond de l'œil. Pour acquérir quelques notions sur le même objet, dans le vivant, j'ai cherché les positions angulaires d'une lumière qui cesse d'être visible quand son image arrive sur la choroïde au trou d'insertion du nerf optique.

» Parmi les faits auxquels je suis arrivé, il en est un qu'on peut vérifier très facilement et qui mérite d'être cité. C'est qu'un œil de lapin albinos, bien nettoyé, étant placé de manière qu'une bougie envoie ses rayons sur la cornée, perpendiculairement à l'axe optique, cette bougie se peint sur la choroïde à peu près au point de contact de la tangente perpendiculaire aux rayons. Et l'œil du lapin n'étant pas conformé, à beaucoup près, d'une manière symétrique par rapport à son axe, on reconnaît parfaitement que l'image qui correspond aux rayons perpendiculaires arrivant par la droite de l'animal, est autrement éloignée du fond de l'œil que celle des rayons arrivant par la gauche.

» Ces propriétés, rapprochées d'un principe énoncé par d'Alembert, établissent que les droites virtuelles menées des objets à leurs images sont normales au fond de l'œil, et elles conduisent à des considérations importantes sur la figure de la surface que présente la choroïde. Dans le quatrième Mémoire, je reviendrai sur cet objet.

» Le dernier chapitre est consacré à la vision des images réfléchies et réfractées.

» Imaginons un miroir parabolique, et concevons qu'un rayon émané d'un point rayonnant soit réfléchi par ce miroir, et que ce rayon coïncide

avec l'axe optique d'un œil donné; le rayon réfléchi par le point voisin, sur la section circulaire du miroir, coupera le premier rayon, avant d'arriver à l'œil, sur l'axe de révolution, et le rayon réfléchi par le point voisin de la méridienne parabolique coupera le même premier rayon sur un point de la caustique. Les rayons qui entreront dans l'œil se couperont donc les uns sur la caustique linéaire, c'est-à-dire sur l'axe de révolution, et les autres sur la caustique non linéaire; et la question est de savoir où se trouve le point vu. Newton a dit qu'il était vraisemblablement entre les deux caustiques, et Barrow, Bouguer et Malus ont adopté l'idée de Newton. D'Alembert a signalé toutes les difficultés de cette question, et cependant elle n'avait point avancé, bien qu'elle intéressât beaucoup les physiciens, puisqu'elle fournit des cas de vision où les rayons lumineux sont assujétis à des lois géométriques tout autres que celles de la divergence ordinaire. J'ai soumis le phénomène à un examen très détaillé, et cet examen, qui s'appuie sur des considérations délicates de la géométrie à trois dimensions, m'a conduit à ce résultat, que l'image est sur la caustique linéaire, dont les physiciens modernes faisaient en général abstraction, pour placer l'image sur la caustique non linéaire qu'ils considéraient seule. Parmi les expériences qui justifient cette théorie, celui d'un miroir cylindrique concave est assez remarquable. Il présente la caustique non linéaire en-deçà du miroir, la caustique linéaire est au-delà, et l'image, dans cet exemple, qui montre les choses d'une façon très claire, est en effet au-delà du miroir.

» Le cas des images réfractées par un liquide me fournit des exemples d'un plus haut intérêt encore. Pour une ligne droite située dans l'eau, l'image sur le fond de l'œil est une suite de petites lignes; si la droite est horizontale, ces lignes sont côte à côte; si elle est verticale, elles se superposent. Cependant ces deux lignes droites, horizontale et verticale, avec des images si différentes sur le fond de l'œil, sont vues exactement avec les mêmes apparences. Peut-être trouvera-t-on que j'explique ce résultat d'une manière un peu hardie; je pense toutefois que mon explication sera justifiée dans les troisième et quatrième Mémoires.

» Cet examen des images réfléchies et réfractées m'a conduit à cinq principes relatifs à la vision, dont un, le premier, se démontre *à priori*. Il peut s'énoncer ainsi : supposé que le mécanisme de l'œil reste invariable, pour toutes les distances des points rayonnants, les images de ces points sur la choroïde, par cela seul que la pupille a une étendue finie, seront des cercles ayant aussi, en général, une étendue finie.

» Je tirerai un grand parti de cette proposition, dans le troisième Mémoire, pour montrer que le cristallin se déplace dans la vision des objets différemment éloignés. Mais l'humeur vitrée courbant les rayons, comme je le prouverai dans le même Mémoire, on verra qu'un déplacement de quelques dixièmes de millimètre seulement, dans la position du cristallin, suffit pour que la vision soit nette depuis la distance de 25 à 30 centimètres jusqu'à l'infini. On verra aussi que l'œil se trouve pourvu de deux moyens d'achromatisme, ce qui était nécessaire pour que les images, à des distances différentes, fussent exemptes de franges irisées, mais ce qui n'empêche pas que, pour les distances plus petites que celle de la vision distincte, les couleurs différentes soient séparées, ainsi que plusieurs expériences le prouvent.

» Dans toutes ces recherches j'ai été guidé par l'idée que l'œil doit être un instrument d'une extrême perfection, et il me semble que la théorie et les calculs se concilieront très bien avec cette idée, que les savants les plus illustres n'ont pas toujours admise, notamment en ce qui concerne les images réfléchies et réfractées. »

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

CHIMIE ORGANIQUE.—*Recherche médico-légale de l'arsenic dans les cadavres; par* MM. KÆPPELIN et KAMPMANN.

(Commission précédemment nommée pour diverses communications relatives à la recherche de l'arsenic.)

M. Chevreul, en présentant le travail de MM. Kæppelin et Kampmann, en donne l'analyse suivante :

« Pour remédier à des inconvénients que présente l'usage de l'appareil de Marsh, savoir :

» 1°. La perte d'une portion de l'arsenic dont on cherche à constater la présence;

» 2°. La présence de la vapeur d'eau dans le gaz que l'on enflamme ;

» 3°. La présence de l'air dans ce même gaz;

» Enfin pour remédier à la difficulté que présente la décomposition par la chaleur du gaz hydrogène arsénié, lorsqu'on veut l'opérer dans un tube de verre chauffé adapté à l'appareil de Marsh, ainsi que M. Berzélius et Liebig l'ont conseillé,

» M. Kæppelin, régent de physique au collége de Colmar, et M. Kampmann, pharmacien, ont imaginé de donner à l'appareil de Marsh la disposition suivante :

» Un tube droit, large de $0^m,01$, plonge dans un flacon à deux tubulures contenant du zinc; de la seconde tubulure part un tube coudé communiquant à un tube renfermant du chlorure de calcium, et à ce tube en est adapté un autre de $0^m,005$ de diamètre, qui est effilé à l'extrémité libre. Ce dernier tube passe dans deux trous pratiqués au milieu d'une feuille de cuivre courbée en étrier; par ce moyen on peut avec une lampe à alcool chauffer le tube dans une longueur de 5 centimètres environ.

» Lorsqu'on veut faire usage de cet appareil, on commence par verser de l'acide hydrochlorique étendu sur le zinc. Lorsqu'on juge que tout l'air est expulsé, on chauffe le tube au rouge; on enflamme le gaz à l'extrémité effilée de ce tube, et l'on peut constater d'abord l'absence de l'arsenic dans les réactifs employés.

» Après cet essai, on verse dans le flacon par le tube droit, 1° de nouvel acide hydrochlorique; 2° du liquide présumé contenir de l'arsenic; 3° de l'acide ; 4° du liquide présumé contenir de l'arsenic, et ainsi de suite.

» Pour peu qu'il y ait de l'arsenic, on le recueille dans la partie du tube de $0^m,005$ qui n'a pas été chauffée, et en même temps on constate, en enflammant le gaz qui se dégage par le bout effilé et en exposant une plaque de porcelaine à la flamme, qu'une portion d'hydrogène arsénié a échappé à la décomposition. »

HYGIÈNE. — *Hydrographie médicale; par* M. GESTIN. (2e et 3e partie.)

(Commission nommée pour la première partie de ce travail.)

MÉDECINE. — *Mémoire sur un nouveau mode de traitement de l'hydrophobie; par* M. C. DELORME.

Ce Mémoire est transmis par M. l'Ambassadeur de France à Saint-Pétersbourg; l'auteur, M. Delorme, réside à Viry, gouvernement de Karkhoff.

(Commissaires, MM. Magendie, Serres, Larrey, Breschet.)

GÉOLOGIE. — *Note sur les fossiles les plus communs dans les environs d'Anduze; par* M. MIERGUE.

(Commissaires, MM. Cordier, Élie de Beaumont, Dufrénoy.)

M. **Vilback** présente quelques considérations en réponse à des remarques critiques de M. *Laignel*, sur son système pour la direction des waggons dans les courbes des chemins de fer. M. Vilback demande que la Commission qui avait été chargée de faire un Rapport sur son invention veuille bien lui désigner le jour où elle pourra assister à des expériences qu'il se propose de faire sur un modèle en petit.

Cette Note est renvoyée à la Commission précédemment nommée.

M. **Coubard** adresse une Note sur les moyens par lesquels on peut, suivant lui, prévenir en partie les malheurs des inondations, en donnant avis aux riverains de la crue des eaux, plusieurs heures avant qu'ils n'en soient atteints.

M. Séguier est prié de prendre connaissance de cette Note et de faire savoir à l'Académie si elle peut devenir l'objet d'un Rapport.

A 4 heures $\frac{1}{2}$ l'Académie se forme en comité secret.

La séance est levée à 5 heures. F.

ERRATA.

Séance du 16 novembre.

Page 820, lignes 10 et 14, *au lieu de* Mandeux, *lisez* Mondeux.

Séance du 23 novembre.

Page 896, ligne 2, *au lieu de* $f(a, b)$, *lisez* $f(a, b, x)$.

Séance du 30 novembre.

Page 903, ligne dernière, *au lieu de* $1 + 3 + 3^2$, *lisez* $\bar{1} + 3 + 3^2$

Page 904, ligne 27, *au lieu de* $2\bar{5}$ par 35, *lisez* 25 par $3\bar{5}$

Page 906, lignes 25 et 27, *au lieu de* Alphen, *lisez* Halphen.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

L'Académie a reçu dans cette séance les ouvrages dont voici les titres :

Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie royale des Sciences; 2e semestre 1840, no 22, in-4°.

Annales de Chimie et de Physique; par MM. GAY-LUSSAC, ARAGO, CHEVREUL, SAVARY, DUMAS, PELOUZE, BOUSSINGAULT et REGNAULT; octobre 1840; in-8°.

Observations sur la structure intérieure du Sigillaria elegans *comparée à celle des* Lepidodendron *et des* Stigmaria *et à celle des végétaux vivants; par* M. AD. BRONGNIART. (Extrait des *Archives du Muséum d'Histoire naturelle.*) In-4°.

Annales maritimes et coloniales; par MM. BAJOT et POIRRÉ; nov. 1840, in-8°.

Annales de la Société royale d'Horticulture de Paris; tome 27, 157e liv., in-8°.

Notices statistiques sur les Colonies françaises, imprimées par ordre de M. le vice-amiral baron ROUSSIN; 4e et dernière partie, in-8°.

Traité de Statistique, ou théorie de l'étude des Lois; par M. DUFAU; in-8°.

Voyage dans la Russie méridionale et la Crimée, sous la direction de M. DE DEMIDOFF; 12e liv. in-8°, et atlas in-fol.

Discours sur l'ensemble des Phénomènes qui se sont manifestés à la surface du Globe depuis son origine jusqu'à l'époque actuelle; par M. le vicomte D'ARCHIAC; in-4°.

Du danger des Rigueurs corporelles dans le traitement de la Folie; par M. le Dr BLANCHE; in-8°.

De l'état actuel du traitement de la Folie en France; par le même; in-8°.

Bulletin de l'Académie royale de Médecine; tome 4, n° 4, in-8°.

Journal de Chimie médicale, de Pharmacie, de Toxicologie; déc. 1840, in-8°.

Bulletin de la Société industrielle de Mulhausen; n° 65, in-8°.

Revue des Spécialités et des Innovations chirurgicales; nov. 1840, in-8°.

Journal des Connaissances nécessaires et indispensables; déc. 1840; in-8°.

Bibliothèque universelle de Genève; n° 58, oct. 1840, in-8°.

Flora batava; 120ᵉ liv., in-4°.

Ephemerides motuum cœlestium pro anno intercalari 1840, *supputatæ ad meridianum Bononiæ;* Bononiæ, 1839, in-4°.

On the theory.... *Sur la théorie de la Lune et les perturbations des Planètes; par* M. LUBBOCK; Londres, 1840, 4ᵉ partie, in-8°.

University of London.... *Analyse des Statuts et Réglements des universités étrangères, faite par ordre du Sénat de l'Université de Londres : 1° Code universitaire de France; 2° Statuts de l'Université de Bonn; 3° Réglements de l'Université de Gottingue et Lois relatives aux étudiants dans cette Université;* Londres, in-8°. (Sans date.)

Gazette médicale de Paris; tome 8, n° 49.

Gazette des Hôpitaux; n° 142—144.

L'Expérience, Journal de Médecine, n° 179; in-8°.

La France industrielle; tome 3, déc. 1840, in-8°.

Jours du mois.	9 heures du matin. Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygrom.	Midi. Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygrom.	3 heures du soir. Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygrom.	9 heures du soir. Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygrom.	Thermomètre. Maxim.	Minim.	État du ciel à midi.	Vents à midi.
1	747,95	+ 7,7		747,59	+10,6		746,80	+12,3		748,37	+ 8,8		+12,3	+ 3,9	Gouttes de pluie	S. E.
2	749,70	+ 8,4		748,26	+13,4		743,73	+12,2		743,92	+ 9,6		+14,2	+ 4,7	Beau	S. E.
3	741,91	+11,9		742,33	+11,2		741,84	+12,8		742,45	+ 9,5		+12,8	+ 9,0	Pluie abondante	S. S. E.
4	743,80	+10,4		744,15	+12,7		744,30	+12,4		747,45	+ 9,0		+12,8	+ 8,1	Couvert	S.
5	745,39	+ 9,7		744,56	+12,0		743,41	+12,8		742,66	+ 9,3		+13,2	+ 7,9	Quelques éclaircies	S.
6	739,89	+ 8,9		737,66	+10,5		738,31	+11,3		741,04	+ 7,6		+12,3	+ 7,0	Pluie abondante	S. fort.
7	742,43	+10,2		742,66	+11,5		742,26	+11,2		742,66	+ 8,2		+12,0	+ 7,2	Pluie par moments	S. O.
8	746,38	+ 9,6		746,13	+12,9		745,71	+13,3		746,02	+10,0		+13,7	+ 7,4	Couvert	S. O.
9	742,24	+12,3		742,19	+14,4		742,19	+14,0		743,05	+ 9,5		+14,7	+ 9,3	Très nuageux	S. O.
10	738,95	+10,3		739,21	+11,0		740,30	+11,4		744,10	+ 8,0		+11,7	+ 7,3	Pluie	S. O. fort.
11	745,06	+ 7,9		743,18	+ 8,8		739,12	+ 9,6		741,25	+ 9,0		+ 9,7	+ 5,5	Couvert	S. O.
12	748,24	+ 6,9		748,37	+ 9,9		747,44	+10,4		743,70	+ 8,6		+10,6	+ 4,8	Couvert	S. O.
13	737,46	+10,1		734,92	+14,4		734,89	+14,0		736,04	+10,2		+14,6	+ 8,2	Couvert	S. O.
14	741,41	+ 8,2		741,74	+11,3		742,19	+11,2		744,96	+ 7,1		+11,4	+ 6,9	Beau	S. O.
15	745,42	+ 8,0		746,23	+ 8,9		747,57	+ 9,4		747,88	+ 7,8		+ 9,9	+ 5,9	Couvert	O.
16	743,29	+14,4		743,69	+16,9		744,40	+17,9		747,08	+15,4		+17,9	+ 7,3	Couvert	S. O.
17	750,58	+16,4		750,79	+16,5		750,08	+18,0		748,44	+14,5		+18,4	+15,0	Pluie par moments	S. O.
18	754,57	+10,5		753,86	+12,4		751,19	+10,8		749,21	+13,8		+13,8	+ 9,9	Nuageux	S. O.
19	749,43	+10,4		748,89	+10,6		748,31	+ 9,8		749,60	+ 6,2		+10,6	+ 9,9	Brouillard humide	S. O.
20	756,08	+ 5,0		757,17	+ 7,5		758,28	+ 7,4		761,38	+ 3,3		+ 7,6	+ 3,8	Quelques nuages	N.
21	757,42	+ 5,2		753,71	+ 5,3		746,58	+ 5,1		740,62	+ 6,6		+ 7,4	+ 1,3	Couvert	N. O.
22	746,11	+ 7,2		749,60	+ 7,4		751,28	+ 6,8		755,35	+ 5,3		+ 7,4	+ 4,8	Couvert	N. N. O. fort.
23	759,25	+ 3,0		761,98	+ 6,4		760,18	+ 6,9		760,11	+ 6,0		+ 7,1	+ 1,8	Quelques nuages	N. O.
24	760,19	+ 8,8		760,67	+ 9,8		761,13	+10,4		763,08	+ 9,5		+10,4	+ 2,0	Pluie fine	O.
25	766,20	+ 5,7		766,16	+ 7,4		766,09	+ 7,1		767,15	+ 3,5		+ 7,8	+ 4,9	Nuages légers	E.
26	767,37	+ 1,0		766,93	+ 4,6		766,16	+ 6,0		766,97	+ 2,2		+ 6,2	0,0	Beau	N. E.
27	767,24	+ 0,9		766,80	+ 3,9		766,60	+ 5,8		767,34	+ 1,9		+ 5,9	— 1,3	Beau	N. E.
28	767,63	— 0,2		767,20	+ 3,8		766,69	+ 6,7		767,00	+ 1,3		+ 6,7	— 1,6	Beau	N. E.
29	767,43	— 1,0		767,50	+ 3,7		766,38	+ 4,1		765,36	— 0,7		+ 5,3	— 2,1	Beau. Brouillard	N. E.
30	764,58	0,0		763,48	+ 3,9		762,42	+ 4,7		761,88	+ 1,6		+ 4,9	— 1,7	Couvert	E. S. E.
1	743,86	+ 9,9		743,57	+12,0		743,88	+12,4		744,17	+ 8,8		+13,0	+ 7,2	... Moy. du 1er au 10	Pluie en centim.
2	747,15	+ 9,8		746,88	+11,4		746,35	+11,8		746,95	+ 9,6		+12,4	+ 7,7	... Moy. du 11 au 20	Cour. 7,446
3	762,34	+ 3,1		762,40	+ 5,6		761,38	+ 6,4		761,49	+ 3,7		+ 6,9	+ 0,8	... Moy. du 21 au 30	Terr.. 5,989
	751,12	+ 7,6		750,95	+ 9,7		750,54	+10,2		750,87	+ 7,4		+10,8	+ 5,2	.... Moyennes du mois....	+ 8,01

COMPTE RENDU

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 14 DÉCEMBRE 1840.

PRÉSIDENCE DE M. PONCELET.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Mémoire sur divers points d'analyse; par* M. AUGUSTIN CAUCHY.

§ Ier. *Usage des fonctions interpolaires dans la détermination des fonctions symétriques des racines d'une équation algébrique donnée.*

« Les propriétés des fonctions interpolaires qui, comme nous l'avons expliqué, fournissent une méthode générale et facile pour la résolution numérique des équations algébriques ou transcendantes, peuvent encore être employées fort utilement à la détermination des fonctions symétriques des racines d'une équation algébrique donnée. En effet, pour effectuer cette détermination, il suffit de recourir aux propositions suivantes.

» 1er *Théorème.* Représentons par

$$\mathrm{f}(x) = 0 \tag{1}$$

une équation algébrique, dont le premier membre $\mathrm{f}(x)$ soit une fonction entière de x, du degré n. Supposons d'ailleurs que cette équation n'offre

pas de racines égales, et nommons $F(x)$ une autre fonction entière de x, qui conserve toujours la même valeur U, quand on y substitue successivement à la variable x les diverses racines de l'équation (1). Le reste de la division de $F(x)$ par $f(x)$ se réduira simplement à la constante U.

» *Démonstration.* En effet, soit $\Pi(x)$ le reste dont il s'agit. L'équation

$$\Pi(x) = U$$

sera d'un degré inférieur à n; et, puisqu'elle devra subsister pour n valeurs différentes de x, par conséquent pour des valeurs de x dont le nombre surpassera ce degré, elle ne pourra être qu'une équation identique. Donc la fonction $\Pi(x)$ deviendra indépendante de x, et se réduira simplement à la constante U.

» *Corollaire.* Représentons par

$$a,\ b,\ c,\ldots,\ h,\ k,$$

les n racines de l'équation (1). Si la fonction $F(a)$ conserve toujours la même valeur U, quand on y remplace la racine a par l'une quelconque des autres racines

$$b,\ c,\ldots,\ h,\ k,$$

le quotient de la division de $F(a)$ par $f(a)$ sera indépendant de a, et se réduira simplement à la constante U.

» 2ᵉ *Théorème.* Soient

$$f(x)$$

une fonction entière de x, du degré n, et

$$f(a,\ x) = \frac{f(x) - f(a)}{x - a},\quad f(a,\ b,\ x) = \frac{f(a,\ x) - f(a,\ b)}{x - b},\ldots,$$

les fonctions interpolaires de divers ordres, qui renferment, avec la variable x, diverses valeurs particulières a, b, c,... de cette variable. Concevons d'ailleurs que les lettres

$$a,\ b,\ c,\ldots,\ h,\ k$$

représentent les n racines de l'équation

$$f(x) = 0,$$

et désignons par

$$F(a, b, c, \ldots, h, k)$$

une fonction entière mais symétrique de ces racines. Pour éliminer de cette même fonction les racines

$$k, h, \ldots, c, b, a,$$

il suffira de la diviser successivement par les divers termes de la suite

$$f(a, b, c, \ldots, h, k), \quad f(a, b, c, \ldots, h), \ldots, \quad f(a, b, c), \quad f(a, b), \quad f(a),$$

considérés le premier comme fonction de k, le second comme fonction de $h, \ldots$, l'avant-dernier comme fonction de b, le dernier comme fonction de a. Le dernier des restes ainsi obtenus sera indépendant de a, b, $c, \ldots, h, k$, et représentera nécessairement la valeur U de la fonction symétrique

$$F(a, b, c, \ldots, h, k),$$

exprimée à l'aide des coefficients que renferme le premier membre de l'équation (1).

» *Démonstration.* Supposons d'abord les racines

$$a, b, c, \ldots, h, k,$$

inégales entre elles. Comme les équations

$$(2) \quad f(x) = 0, \ f(a, x) = 0, \ f(a, b, x) = 0, \ldots, f(a, b, c, \ldots, h, x) = 0,$$

admettront, la première toutes ces racines, la seconde les racines b, $c, \ldots, h, k$, la troisième les racines $a, \ldots, h, k$, etc., l'avant-dernière les racines h, k, et la dernière la seule racine k, il est clair que, pour éliminer toutes les racines

$$k, h, \ldots, c, b, a,$$

de la fonction symétrique

$$F(a, b, c, \ldots, h, k),$$

il suffira [*voyez* le corollaire du 1er théorème] de diviser successivement

cette fonction

par $f(a, b, c, \ldots, h, k)$ considéré comme fonction de k,
puis par $f(a, b, c, \ldots, h)$ considéré comme fonction de h,
etc.,
puis par $f(a, b)$ considéré comme fonction de b,
puis enfin par $f(a)$ considéré comme fonction de a.

Les restes successivement obtenus seront indépendants, le premier de k, le second de k et de $h, \ldots,$ l'avant-dernier de $k, h, \ldots, c, b$, le dernier de $k, h, \ldots, c, b, a$, et représenteront autant de valeurs de $F(a, b, c, \ldots, h, k)$, dont la dernière U se trouvera exprimée en fonction des seuls coefficients que renferme le premier membre $f(x)$ de l'équation (1).

» Il est bon d'observer que, $f(x)$ étant, par hypothèse, une fonction entière de x, on pourra supposer, dans l'équation (1), le coefficient de la plus haute puissance de x réduit à l'unité. Car, pour opérer cette réduction, il suffira dans tous les cas de diviser les différents termes de l'équation par le coefficient donné de x^n. D'autre part, lorsque dans $f(x)$ le terme du degré le plus élevé se trouvera réduit à x^n, alors évidemment, dans les fonctions

$$f(x), \quad f(a, x), \quad f(a, b, x), \ldots, \quad f(a, b, c, \ldots, h, x),$$

qui forment les premiers membres des équations (2), les premiers termes, c'est-à-dire les termes des degrés les plus élevés, auront tous l'unité pour coefficient, et seront respectivement

$$x^n, \quad x^{n-1}, \quad x^{n-2}, \ldots, x.$$

Donc alors la valeur U de $F(a, b, c, \ldots, h, k)$, déterminée comme nous l'avons dit ci-dessus, sera une fonction rationnelle et même entière, par conséquent une fonction continue des coefficients renfermés dans $f(x)$. D'ailleurs chacun de ces coefficients représentera, au signe près, ou la somme des racines de l'équation (1), ou la somme formée avec les produits qu'on obtient en multipliant ces racines deux à deux, trois à trois, etc. Donc la valeur trouvée de U pourra être encore considérée comme une fonction continue des racines de l'équation (1); et, dans la formule

$$F(a, b, c, \ldots, h, k) = U, \tag{3}$$

qui se vérifiera toutes les fois que les racines $a, b, c, \ldots, h, k$ seront inégales, les deux membres varieront par degrés insensibles en même temps que ces racines.

» Si la puissance x^n, dans $f(x)$, se trouvait multipliée par un coefficient différent de l'unité, ce même coefficient se retrouverait dans les termes les plus élevés des fonctions interpolaires

$$f(a, x), \quad f(a, b, x), \ldots, \quad f(a, b, c, \ldots, h, k);$$

et par suite, la valeur de U, déterminée comme ci-dessus à l'aide de divisions successives, renfermerait des puissances négatives du coefficient dont il s'agit. Mais, alors même, U ne cesserait pas d'être une fonction entière des autres coefficients, par conséquent une fonction continue des racines; et, si ces racines venaient à varier par degrés insensibles, on pourrait toujours en dire autant des deux membres de l'équation (3).

» Il est maintenant facile de s'assurer que le théorème deuxième s'étend, avec la formule (3), au cas même où l'équation (1) offre des racines égales. Car des racines égales de l'équation (1) peuvent être considérées comme des limites vers lesquelles convergent des valeurs variables de racines supposées d'abord inégales, mais très peu différentes les unes des autres; et, puisque la formule (3), dont les deux membres varient par degrés insensibles avec les racines, par conséquent avec leurs différences, continuera de subsister pour des valeurs de ces différences aussi rapprochées de zéro que l'on voudra, elle subsistera certainement dans le cas même où ces différences viendront à s'évanouir.

» *Corollaire.* Puisqu'en supposant, dans l'équation (1), le coefficient de x^n réduit à l'unité, on obtient pour valeur de $F(a, b, c, \ldots, h, k)$ une fonction entière U des autres coefficients, il est clair que, si ces autres coefficients sont entiers, si d'ailleurs, dans la fonction symétrique $F(a, b, c, \ldots, h, k)$, les coefficients des diverses puissances des racines

$$a, b, c, \ldots, h, k,$$

ou des produits de ces puissances sont eux-mêmes des quantités entières, la valeur numérique de U sera encore un nombre entier. On peut donc énoncer la proposition suivante.

» 3e *Théorème.* Soit

$$f(x) = 0$$

une équation algébrique dont le premier membre représente une fonction entière de x, du degré n; soient de plus

$$a,\ b,\ c,\ldots,\ h,\ k,$$

les n racines égales ou inégales de cette même équation, et

$$F(a,\ b,\ c,\ldots,\ h,\ k)$$

une fonction entière mais symétrique de ces racines. Si tous les coefficients renfermés dans les deux fonctions

$$f(x),\quad F(a,\ b,\ldots,\ h,\ k),$$

se réduisent au signe près à des nombres entiers, le coefficient de x^n dans $f(x)$ étant l'unité, la valeur numérique de la fonction $F(a, b, c,\ldots, h, k)$ sera elle-même un nombre entier.

» *Corollaire*. Si, dans le premier membre de l'équation (1), les coefficients des diverses puissances de x se réduisent, aux signes près, à des nombres entiers, le coefficient de la puissance la plus élevée étant l'unité; alors la somme et le produit des carrés des différences entre ces racines offriront des valeurs entières, et l'on pourra en dire autant des sommes que l'on obtiendra en ajoutant les uns aux autres les produits de ces mêmes carrés combinés par voie de multiplication deux à deux, ou trois à trois, ou quatre à quatre... Donc, si l'on forme une équation nouvelle qui ait pour racines les carrés des différences entre les racines de la proposée, les coefficients des diverses puissances de l'inconnue, dans cette nouvelle équation, se réduiront encore, aux signes près, à des nombres entiers. D'ailleurs, si les puissances dont il s'agit sont rangées d'après l'ordre de grandeur de leurs exposants, le premier coefficient, qui ne s'évanouira pas, représentera évidemment le produit des carrés des différences entre les solutions diverses, ou, ce qui revient au même, entre les racines distinctes de l'équation (1). On doit seulement excepter le cas où toutes les racines de l'équation (1) deviendraient égales entre elles, chacune d'elles étant équivalente, au signe près, au coefficient du second terme divisé par n. On peut donc énoncer encore la proposition suivante.

» 4° *Théorème*. Soit

$$f(x) = 0$$

une équation algébrique du degré n, dans laquelle les coefficients des di-

verses puissances de x offrent des valeurs entières, le coefficient de x^n étant l'unité. Si les racines de cette équation ne sont pas toutes égales entre elles, ou, ce qui revient au même, si le premier membre $f(x)$ ne se réduit pas à la puissance $n^{ième}$ d'un binome de la forme

$$x - l,$$

l étant, dans $f(x)$, le coefficient de x^{n-1} pris en signe contraire, et divisé par n; le produit des carrés des différences entre les racines distinctes de l'équation (1) se réduira, au signe près, à un nombre entier.

§ II. *Sur la division algébrique.*

» En vertu des théorèmes établis dans le § I^{er}, la détermination des fonctions symétriques des racines des équations se trouve ramenée à la division algébrique. On sait d'ailleurs que cette dernière opération peut être réduite elle-même à un développement en série. Rappelons en peu de mots les principes sur lesquels se fonde cette réduction.

» Soient

$$f(x), \quad F(x),$$

deux fonctions entières de x, la première du degré n, la seconde du degré $m > n$. Si l'on nomme $\Phi(x)$ le quotient qu'on obtient en divisant $F(x)$ par $f(x)$, et $\Pi(x)$ le reste; alors $\Phi(x)$ ne sera autre chose que la somme des termes qui renfermeront des puissances entières et positives de x, dans le développement du rapport

$$\frac{F(x)}{f(x)},$$

en une série ordonnée suivant les puissances descendantes de x, ou, ce qui revient au même, suivant les puissances ascendantes de $\frac{1}{x}$. Supposons, pour fixer les idées, qu'en effectuant ce développement on trouve

$$(1) \quad \frac{F(x)}{f(x)} = \alpha x^l + 6 x^{l-1} + \ldots + \varkappa x + \lambda + \frac{\mu}{x} + \frac{\nu}{x^2} + \ldots,$$

la valeur de l étant

$$l = m - n;$$

on aura

$$(2)\qquad \Phi(x) = \alpha x^l + 6x^{l-1} + \ldots + \varkappa x + \lambda.$$

» D'après ce qu'on vient de dire, pour obtenir le quotient $\Phi(x)$, il n'est nullement nécessaire de recourir à l'opération connue sous le nom de division algébrique, et l'on pourra remplacer cette opération par l'une quelconque de celles qui servent à développer une fonction suivant les puissances ascendantes d'une variable. Il y a plus : comme on a

$$\frac{F(x)}{f(x)} = \frac{1}{f(x)} \times F(x),$$

le développement du rapport

$$\frac{F(x)}{f(x)}$$

en une série ordonnée suivant les puissances descendantes de x, se déduira immédiatement du rapport

$$\frac{1}{f(x)}$$

en une semblable série. Or ce dernier développement s'effectuera sans peine à l'aide de formules connues. En effet, en divisant, s'il est nécessaire, tous les termes des polynomes $F(x)$ et $f(x)$ par le coefficient de x^n dans $f(x)$, on pourra toujours réduire ce coefficient à l'unité. Supposons cette réduction opérée, et soit alors

$$(3)\qquad f(x) = x^n + Ax^{n-1} + Bx^{n-2} + \ldots + Hx + K.$$

Si l'on fait, pour abréger,

$$(4)\qquad X = -\left(\frac{A}{x} + \frac{B}{x^2} + \ldots + \frac{H}{x^{n-1}} + \frac{K}{x^n}\right),$$

on trouvera

$$\frac{1}{f(x)} = \frac{1}{x^n}\,\frac{1}{1-X};$$

et, comme on aura d'ailleurs

$$\frac{1}{1-X} = 1 + X + X^2 + \ldots,$$

on en conclura

(5) $$\frac{1}{f(x)} = \frac{1}{x^n}(1 + X + X^2 + \ldots).$$

Si, dans le second membre de cette dernière formule, on substitue les valeurs de X, X^2, ..., déduites de l'équation (4), et ordonnées suivant les puissances ascendantes de $\frac{1}{x}$; il ne restera plus qu'à réunir entre eux les termes proportionnels aux mêmes puissances de $\frac{1}{x}$, pour obtenir le développement cherché de $\frac{1}{f(x)}$. En opérant ainsi, l'on reconnaîtra que, dans ce développement, la puissance de $\frac{1}{x}$ du degré $n+l$, savoir,

$$\frac{1}{x^{n+l}},$$

a pour coefficient la somme

(6) $$\Sigma\,(l)_{a,b,\ldots,h,k}(-A)^a(-B)^b\ldots(-H)^h(-K)^k,$$

l'expression $(l)_{a,b,\ldots,h,k}$ étant déterminée par la formule

$$(l)_{a,b,\ldots,h,k} = \frac{1.2\ldots l}{(1.2\ldots a)(1.2\ldots b)\ldots(1.2\ldots h)(1.2\ldots k)},$$

et le signe Σ s'étendant à toutes les valeurs entières et positives de a, b,..., h, k, qui vérifient la condition

(7) $$a + 2b + \ldots + (n-1)h + nk = l.$$

D'ailleurs, dans ces diverses formules, l peut être un nombre entier quelconque, égal ou non à la différence $m - n$.

» Il est bon d'observer que, parmi les puissances entières et positives de $\frac{1}{x}$, celle qui offrira le degré le moins élevé sera la première puissance dans X, la seconde dans X^2, la troisième dans X^3, ... Il en résulte que, si l'on se propose seulement de calculer le quotient $\Phi(x)$, il suffira de conserver dans le développement de

$$\frac{1}{1-X}$$

les termes proportionnels aux puissances de $\frac{1}{x}$ dont le degré ne surpassera pas $m - n$. Donc, pour obtenir $\Phi(x)$, il suffira, en posant $l = m - n$, de chercher les termes proportionnels à des puissances positives de n, et renfermés dans le développement du produit

$$(8) \qquad x^{-n}(1 + X + X^2 + \ldots + X^l)\,F(x),$$

qu'on peut encore écrire comme il suit

$$(9) \qquad \frac{1 - X^{l+1}}{1 - X}\,\frac{F(x)}{x^n}.$$

Ajoutons que, dans ce même produit, on pourra remplacer, si l'on veut,

$$X^l \text{ par } \left(-\frac{A}{x}\right)^l, \quad X^{l-1} \text{ par } \left(-\frac{A}{x} - \frac{B}{x^2}\right)^{l-1}, \text{ etc.} \ldots$$

Ce n'est pas tout. Comme le produit (9), multiplié par $x^{(l+1)n}$, se transformera en une fonction entière de x du degré

$$N = m + nl = m + n\,(m - n),$$

si l'on désigne par $\chi(x)$ ce même produit, et par θ une quelconque des racines de l'équation binome

$$\theta^N = 1,$$

on aura, d'après les propriétés connues de ces racines,

$$(10) \qquad \Phi(x) = \sum \frac{\left(\frac{x}{\theta}\right)^{l+1} - 1}{\frac{x}{\theta} - 1}\,\chi(\theta),$$

le signe $\sum$ s'étendant à toutes les valeurs de θ.

» Lorsque, pour déterminer les divers termes du quotient $\Phi(x)$, on a recours à la formule (6); alors, pour obtenir les valeurs entières des exposants

$$a,\ b,\ c,\ \ldots,\ h,\ k,$$

d'après la condition (7), il suffit d'observer que, si l'on pose

$$a + b + \ldots + h + k = l_n,\ b + \ldots + h + k = l_{n-1}, \ldots,\ h + k = l_2,\ k = l_1.$$

cette condition deviendra

$$(11) \qquad l_1 + l_2 + \ldots + l_{n-1} + l_n = l,$$

chacun des nombres entiers compris dans la suite

$$l_1,\ l_2,\ \ldots,\ l_{n-1},\ l_n,$$

ne devant jamais surpasser ceux qui le suivent. Cela posé, on calculera sans peine les diverses valeurs qu'il sera possible d'attribuer aux divers termes de la suite

$$l_1,\ l_2,\ \ldots,\ l_{n-1},\ l_n,$$

pourvu que l'on commence par fixer les valeurs des derniers termes. En effet on pourra prendre pour l_n un quelconque des nombres

$$1,\ 2,\ 3,\ \ldots,\ l,$$

puis pour l_{n-1} un quelconque des nombres

$$1,\ 2,\ 3,\ \ldots,\ l - l_n,$$

puis pour l_{n-2} un quelconque des nombres

$$1,\ 2\ \ 3,\ \ldots,\ l - l_n - l_{n-1},$$
etc.

D'ailleurs à un système donné de valeurs de

$$l_1,\ l_2,\ \ldots,\ l_{n-1},\ l_n,$$

correspondra un système de valeurs de

$$\mathrm{a},\ \mathrm{b},\ \ldots,\ \mathrm{h},\ \mathrm{k},$$

déterminées par les équations

$$\mathrm{a} = l_n - l_{n-1},\quad \mathrm{b} = l_{n-1} - l_{n-2},\ \ldots,\ \mathrm{h} = l_2 - l_1,\quad \mathrm{k} = l_1.$$

» Comme, en vertu des formules de Taylor et de Maclaurin, les divers termes du développement d'une fonction en série peuvent être représentés

par des dérivées de divers ordres, il est clair qu'on pourrait encore représenter de cette manière les divers coefficients renfermés dans la fonction $\Phi(x)$, et cette fonction elle-même. Si l'on cherche en particulier la valeur λ de $\Phi(x)$ correspondante à $x = 0$, on aura, en vertu de l'équation (1),

$$(12) \qquad \lambda = \frac{1}{1.2\ldots l}\, D_\varepsilon^l \frac{\varepsilon^l F\left(\frac{1}{\varepsilon}\right)}{f\left(\frac{1}{\varepsilon}\right)},$$

ε désignant une quantité infiniment petite que l'on devra réduire à zero, après avoir effectué les différentiations. Si l'on voulait exprimer λ à l'aide des notations employées dans le calcul des résidus, alors, au lieu de l'équation (12), on obtiendrait la suivante

$$(13) \qquad \Phi(0) = \mathcal{E} \frac{F\left(\frac{1}{z}\right)}{((z))\, f\left(\frac{1}{z}\right)},$$

qui se trouve elle-même comprise dans la formule

$$(14) \qquad \Phi(x) = \mathcal{E} \frac{F\left(\frac{1}{z}\right)}{((z))\, f\left(\frac{1}{z}\right)} \frac{1}{1 - zx}$$

(voir les *Exercices de Mathématiques*, 1er vol. p. 137).

» Après avoir déterminé le quotient $\Phi(x)$ qui résulte de la division de $F(x)$ par $f(x)$, on obtiendra aisément le reste $\Pi(x)$ à l'aide de la formule

$$(15) \qquad \Pi(x) = F(x) - f(x)\Phi(x).$$

Si l'on cherche en particulier le terme indépendant de x dans ce reste, ou la valeur de $\Pi(0)$, on aura

$$(16) \qquad \Pi(0) = F(0) - \lambda f(0),$$

la valeur de λ étant celle que fournit l'équation (12).

» Comme les divisions, qui serviront à déterminer les fonctions symétriques des racines d'une équation algébrique, fourniront des restes dont

chacun devra être indépendant de la racine éliminée, il est clair qu'on pourra toujours calculer ces mêmes restes à l'aide des formules (12) et (16).

» La marche que nous avons suivie pour arriver au développement de la fraction

$$\frac{1}{f(x)} = [f(x)]^{-1}$$

fournirait pareillement celui de

$$[f(x)]^m,$$

m étant un nombre entier quelconque. Les formules que l'on obtiendrait ainsi ne différeraient pas au fond de formules déjà connues, par exemple, de celles qu'a données M. Libri dans un de ses Mémoires.

» En terminant ce paragraphe, nous rappellerons que la valeur de $\Pi(x)$ déterminée par l'équation (13), c'est-à-dire, en d'autres termes, le reste de la division de $F(x)$ par $f(x)$, pourrait encore se déduire de la formule d'interpolation de Lagrange. En effet, si l'on nomme

$$a,\ b,\ c,\ldots,\ h,\ k,$$

les n racines de l'équation

$$f(x) = 0, \tag{17}$$

la formule d'interpolation de Lagrange donnera

$$\frac{\Pi(x)}{f(x)} = \frac{F(a)}{f'(a)}\frac{1}{x-a} + \frac{F(b)}{f'(b)}\frac{1}{x-b} + \ldots + \frac{F(k)}{f'(k)}\frac{1}{x-k}, \tag{18}$$

ou, ce qui revient au même,

$$\frac{\Pi(x)}{f(x)} = \mathcal{E}\frac{F(z)}{((f(z)))}\frac{1}{x-z},$$

et par conséquent

$$\Pi(x) = \mathcal{E}\frac{F(z)}{((f(z)))}\frac{f(x)}{x-z} = \mathcal{E}\frac{F(z)}{((f(z)))}\frac{f(x)-f(z)}{x-z}.$$

Si maintenant on pose $x = 0$, on trouvera

$$\Pi(0) = -f(0)\,\mathcal{E}\frac{F(z)}{z((f(z)))},$$

ou, ce qui revient au même,

$$(19)\qquad \Pi(0) = F(0) - f(0)\,\mathcal{E}\frac{F(z)}{((z f(z)))},$$

et de la formule (19), jointe à l'équation (16), on tirera

$$(20)\qquad \lambda = \mathcal{E}\frac{F(z)}{((z f(z)))}.$$

» La valeur précédente de λ peut être aisément transformée en une suite composée d'un nombre fini de termes. En effet, posons, pour abréger,

$$(21)\qquad Z = -(Az^{n-1} + Bz^{n-2} + \ldots + Hz + K),$$

On aura

$$f(z) = z^n - Z,$$

par conséquent

$$(22)\qquad \frac{1}{f(z)} = \frac{1}{z^n} + \frac{Z}{z^{2n}} + \ldots + \frac{Z^l}{z^{(l+1)n}} + \frac{Z^{l+1}}{z^{(l+1)n}(z^n - Z)}.$$

Si d'ailleurs, m étant le degré $F(z)$, on prend $l=m-n$, la fraction

$$\frac{Z^{l+1}F(z)}{z^{(l+1)n+1}(z^n - Z)}$$

offrira un dénominateur dont le degré surpassera de deux unités au moins le degré du numérateur. On aura donc

$$\mathcal{E}\frac{Z^{l+1}F(z)}{((z^{(l+1)n+1}(z^n - Z)))} = 0;$$

et l'on tirera de l'équation (22), après en avoir multiplié les deux membres par le rapport $\frac{F(z)}{z}$,

$$(23)\qquad \lambda = \mathcal{E}\frac{F(z)}{((z^{n+1}))} + \mathcal{E}\frac{ZF(z)}{((z^{2n+1}))} + \ldots + \mathcal{E}\frac{Z^lF(z)}{((z^{(l+1)n+1}))},$$

ou, ce qui revient au même,

$$(24)\quad \lambda = \frac{1}{1.2\ldots n}D_z^n F(z) + \frac{1}{1.2\ldots 2n}D_z^{2n}\{ZF(z)\} + \ldots + \frac{1}{1.2\ldots(l+1)n}D_z^{(l+1)n}\{Z^m F(z)\},$$

z devant être réduit à zéro après les différentiations. L'équation (24), dont le second membre se compose d'un nombre fini de termes, fournit un développement remarquable de la valeur de λ, et par suite de la valeur de Π (o). D'ailleurs, en vertu des formules (18) et (19), on a évidemment

$$(25)\qquad \frac{\mathrm{F}(a)}{a\,\mathrm{f}'(a)}+\frac{\mathrm{F}(b)}{b\,\mathrm{f}'(b)}+\ldots+\frac{\mathrm{F}(k)}{k\,\mathrm{f}'(k)}=-\frac{\Pi(0)}{\mathrm{f}(0)}=\lambda-\frac{\mathrm{F}(0)}{\mathrm{f}(0)}.$$

» Si l'on supposait la valeur de Z déterminée, non plus par l'équation (21), mais par la suivante

$$\mathrm{Z}=-\left(\mathrm{B}^{n}z^{-n}+\ldots+\mathrm{H}z+\mathrm{K}\right),$$

on aurait

$$\mathrm{f}(z)=z^{n}+\mathrm{A}z^{n-1}-\mathrm{Z};$$

et, en développant le rapport

$$\frac{1}{\mathrm{f}(z)}$$

en progression géométrique suivant les puissances ascendantes de Z, on obtiendrait, à la place de l'équation (23), cette autre formule

$$(26)\ \lambda=\mathcal{E}\frac{\mathrm{F}(z)}{((z^{n}(z+\mathrm{A})))}+\mathcal{E}\frac{\mathrm{Z}\,\mathrm{F}(z)}{((z^{2n-1}(z+\mathrm{A})^{2}))}+\mathcal{E}\frac{\mathrm{Z}^{2}\,\mathrm{F}(z)}{((z^{3n-2}(z+\mathrm{A})^{3}))}+\text{etc.},$$

dont le second membre serait encore composé d'un nombre fini de termes. D'ailleurs chacun de ces termes serait de la forme

$$(27)\qquad \mathcal{E}\frac{\psi(z)}{((z^{i}(z+\mathrm{A})^{j}))},$$

i, j, désignant deux nombres entiers, et $\psi(z)$ une fonction entière de z. Ajoutons qu'il est facile d'obtenir la valeur de l'expression (27) en opérant comme il suit.

» Désignons par $\Psi(z)$ la partie du développement de $\psi(z)$ qui offre des puissances de z d'un degré inférieur à i, en sorte qu'on ait

$$\Psi(z)=\psi(0)+z\,\psi'(0)+\frac{z^{2}}{1.2}\psi''(0)+\ldots+\frac{z^{i-1}}{1.2\ldots(i-1)}\psi^{(i-1)}(0).$$

On aura encore, pour des valeurs de j égales ou supérieures à l'unité,

$$\mathcal{E}\frac{\psi(z)}{((z^{i}(z+\mathrm{A})^{j}))}=0;$$

et par suite l'expression (27) pourra être réduite à

$$\mathcal{E}\frac{\psi(z)-\Psi(z)}{((z^i(z+A)^j))},$$

ou, ce qui revient au même, à

$$\mathcal{E}\,\frac{\psi(z)-\Psi(z)}{z^i}\,\frac{1}{(((z+A)^j))},$$

puisque le développement de $\psi(z)-\Psi(z)$ sera divisible par z^i. En conséquence on aura

$$(28)\qquad \mathcal{E}\frac{\psi(z)}{((z^i(z+A)^j))}=\frac{(-1)^{j-1}}{1.2\ldots(j-1)}\left[D_A^{j-1}\frac{\psi(-A)}{(-A)^i}-D_A^{j-1}\frac{\Psi(-A)}{(-A)^i}\right].$$

Il est bon d'observer que, dans le second membre de la formule (28), la quantité

$$D_A^{j-1}\frac{\Psi(-A)}{(-A)^i}$$

représente la partie de l'expression

$$D_A^{j-1}\frac{\psi(-A)}{(-A)^i}$$

qui renferme des puissances négatives de A. Cela posé, la formule (26) donnera

$$(29)\qquad \lambda=\frac{F(z)}{z^n}+\frac{1}{1}D_z\frac{ZF(z)}{z^{2n-1}}+\frac{1}{1.2}D_z^2\frac{Z^2F(z)}{z^{3n-2}}+\text{etc.},$$

pourvu que l'on rejette après les différentiations tous les termes qui renfermeront des puissances négatives de z, et que l'on pose ensuite $z=-A$.

» Pour montrer une application des formules qui précèdent, supposons l'équation (17) réduite à celle-ci

$$x^2+Ax+B=0,$$

alors on aura

$$f(0)=B,\quad f'(a)=-f'(b)=a-b;$$

par conséquent la formule (25) donnera

$$\lambda=\frac{F(0)}{B}+\frac{1}{a-b}\left[\frac{F(a)}{a}-\frac{F(b)}{b}\right].$$

et l'on tirera de la formule (29)

$$\lambda = \frac{F(z)}{z^2} - \frac{B}{1} D_z \frac{F(z)}{z^3} + \frac{B^2}{1.2} D_z^2 \frac{F(z)}{z^4} \ldots$$

On aura donc

$$\frac{\frac{1}{a} F(a) - \frac{1}{b} F(b)}{a-b} = -\frac{F(0)}{B} + \frac{F(z)}{z^2} - \frac{B}{1} D_z \frac{F(z)}{z^3} + \frac{B^2}{1.2} D_z^2 \frac{F(z)}{z^4} \ldots,$$

pourvu que l'on rejette, après les différentiations effectuées, les puissances négatives de z, et que l'on pose alors $z = -A$.

» Si l'on réduit l'équation proposée à la suivante

$$x^2 - 2rx \cos\varphi + r^2 = 0,$$

et si l'on suppose d'ailleurs $F(z) = z^m$, ou, ce qui sera plus commode, $F(z) = z^{m+1}$, la dernière des formules que nous venons d'obtenir donnera

$$\frac{\sin m\varphi}{\sin\varphi} = (2\cos\varphi)^{m-1} - \frac{m-2}{1} (2\cos\varphi)^{m-3} + \frac{(m-3)(m-4)}{1.2} (\cos\varphi)^{m-5} - \ldots,$$

ce que l'on sait être exact; et l'on trouvera en particulier, en prenant $\varphi = 0$,

$$m = 2^{m-1} - \frac{m-2}{1} 2^{m-3} + \frac{(m-3)(m-4)}{1.2} 2^{m-5} - \text{etc.}$$

§ III. *Sur la résolution numérique des équations.*

» Dans un précédent Mémoire, nous avons fait servir les propriétés des fonctions interpolaires à la résolution numérique des équations; et nous avons donné une méthode à l'aide de laquelle on peut obtenir des valeurs de plus en plus approchées des racines réelles d'une équation algébrique, ou même, très souvent, d'une équation transcendante. Cette méthode se transforme d'elle-même en celle de Newton, lorsqu'on est parvenu à renfermer chaque racine réelle entre des limites suffisamment rapprochées. Mais elle n'indique pas *à priori* le nombre des opérations auxquelles on sera obligé de recourir pour effectuer la séparation des racines réelles. On ne doit pas s'en étonner; car le problème de la séparation des racines est de sa nature un problème insoluble, dans le cas général d'une équation

de forme quelconque. En effet, lorsqu'une équation devient transcendante, ou, ce qui revient au même, lorsque le nombre des termes d'une équation algébrique devient infini, cette équation peut admettre entre deux limites même très rapprochées une infinité de racines réelles. C'est ce qui arrivera, par exemple, si l'équation donnée se réduit à

$$x \sin \frac{1}{x} = 0,$$

ou, ce qui revient au même, à

$$1 - \frac{x^{-2}}{1.2.3} + \frac{x^{-4}}{1.2.3.4.5} + \ldots = 0.$$

» Dans le cas particulier où l'équation donnée est algébrique ou composée d'un nombre fini de termes, on peut arriver à la séparation des racines réelles, dès que l'on connaît une limite inférieure à la plus petite différence entre ces racines. On peut aussi parvenir au même but, lorsqu'on a résolu d'abord un problème indiqué par Lagrange, et trouvé des règles sûres pour déterminer dans une équation de degré quelconque le nombre des racines réelles, soit positives, soit négatives. Ce dernier problème est précisément celui dont j'ai donné une solution dans des recherches présentées à l'Institut en 1813, et publiées dans le XVII^e cahier du *Journal de l'École Polytechnique*. J'ai démontré en particulier, qu'*étant donnée une équation du degré* n, *on peut toujours obtenir* n *fonctions rationnelles ou même entières des coefficients, tellement choisies que les signes des quantités représentées par ces fonctions indiquent le nombre des racines réelles, ou la différence entre le nombre des racines positives et le nombre des racines négatives. Pour obtenir ou cette différence, ou le nombre des racines réelles, il suffit de soustraire du nombre des fonctions représentées par des quantités positives le nombre des fonctions représentées par des quantités négatives.* Ajoutons que, dans le cas où l'on cherche simplement le nombre des racines réelles, l'une des fonctions se réduit toujours à l'unité. D'ailleurs il existe plusieurs systèmes de fonctions qui remplissent les conditions ci-dessus énoncées, et M. Sturm a démontré que *la recherche de semblables fonctions peut être réduite à la recherche du plus grand commun diviseur entre une fonction entière et sa dérivée.* Il est ainsi parvenu à donner du problème indiqué par Lagrange une so-

lution qui a l'avantage de reposer uniquement sur le système d'opérations qu'exige la recherche des racines égales, et qui diffère de la mienne par les valeurs des fonctions que l'on détermine. Mais l'une et l'autre solutions pourront devenir insuffisantes, comme la méthode d'approximation ci-dessus mentionnée, quand il s'agira de séparer les racines d'une équation algébrique dont les coefficients seront irrationnels. En effet, dans ce dernier cas, une fonction entière des coefficients offrira généralement elle-même une valeur numérique irrationnelle; et, si la quantité représentée par cette fonction diffère très peu de zéro, le signe de cette quantité ne pourra être fixé avec certitude jusqu'à une époque qu'il sera généralement impossible de déterminer *à priori*, savoir, jusqu'à l'époque où les valeurs approchées des coefficients auront été calculées avec une approximation suffisante, et renfermeront un assez grand nombre de chiffres décimaux pour que ces valeurs, substituées dans la fonction, fassent connaître au moins le premier chiffre significatif de sa valeur numérique.

» Quand les coefficients de l'équation numérique donnée cessant d'être irrationnels, seront au contraire des nombres entiers, on pourra se dispenser de résoudre d'abord le problème indiqué par Lagrange. Alors, en effet, *après avoir réduit le coefficient de la plus haute puissance de x à l'unité, il suffira, pour obtenir immédiatement une limite inférieure à la plus petite différence entre les racines réelles, de diviser l'unité par le double de la limite supérieure aux modules de toutes les racines, puis d'élever le quotient trouvé à la puissance dont le degré sera inférieur d'une unité au nombre des combinaisons que l'on peut former avec les racines combinées deux à deux* (voir l'*Analyse algébrique*, page 487). Ce qui doit surtout être remarqué, c'est qu'en vertu du théorème 4 du premier paragraphe, cette règle s'étend au cas même où l'équation donnée offre des racines égales, et détermine alors *une limite inférieure à la plus petite différence entre deux racines réelles distinctes l'une de l'autre*. On n'aura donc pas besoin de s'occuper particulièrement du cas où les racines sont égales; et, dans ce cas même, on pourra, si les coefficients de l'équation donnée sont des nombres entiers, effectuer la séparation des racines diverses à l'aide de la règle que je viens d'énoncer. Ajoutons que la limite inférieure à la plus petite différence entre les racines pourra être considérablement augmentée à mesure que l'on connaîtra des valeurs de plus en plus approchées des racines réelles. »

RAPPORTS.

MATHÉMATIQUES. — *Rapport sur les procédés de calcul imaginés et mis en pratique par un jeune pâtre de la Touraine.*

(Commissaires, MM. Arago, Serres, Sturm, Liouville, Augustin Cauchy rapporteur.)

« L'Académie nous a chargés, MM. Arago, Serres, Sturm, Liouville et moi, de lui rendre compte des procédés à l'aide desquels le jeune Henri Mondeux parvient à exécuter de tête, et en très peu d'instants, des calculs très compliqués.

» Que sans secours, et abandonné à lui-même, un enfant préposé à la garde des troupeaux arrive à exécuter de mémoire et très facilement un grand nombre d'opérations diverses, c'est un fait que seraient tentés de révoquer en doute ceux qui n'en auraient pas été les témoins, et dont le merveilleux rappelle tout ce que l'histoire nous raconte du jeune Pascal, s'élevant à l'âge de douze ans, et à l'aide de figures tracées avec un charbon, jusqu'à la 32e proposition de la géométrie d'Euclide. Toutefois ce fait merveilleux s'est déjà présenté dans la personne d'un jeune berger sicilien, mais avec cette différence que les maîtres de Mangiamele ont toujours tenu secrètes les méthodes de calcul dont ils se servaient, tandis que M. Jacoby, qui a recueilli chez lui le jeune pâtre des environs de Tours, a offert lui-même de mettre les procédés employés par son élève sous les yeux des Commissaires de l'Académie.

» Dès sa plus tendre enfance, le jeune Henri Mondeux, s'amusant à compter des cailloux rangés à côté les uns des autres, et à combiner entre eux les nombres qu'il avait représentés de cette manière, rendait sensible, à son insu, l'étymologie latine du mot *calculer*. A cette époque de sa vie, les systèmes de cailloux semblent avoir été plus particulièrement les signes extérieurs auxquels se rattachait pour lui l'idée de nombre; car il ne connaissait pas encore les chiffres. Quoi qu'il en soit, après s'être long-temps exercé au calcul, comme nous venons de le dire, il finit par offrir aux personnes qu'il rencontrait de leur donner la solution de quelques problèmes, par exemple de leur apprendre combien d'heures, ou même de minutes, se trouvaient renfermées dans le nombre d'années qui exprimait leur âge. Frappé de tout ce que l'on racontait du jeune pâtre, M. Jacoby, instituteur à Tours, eut la curiosité de le voir. Après un mois de recherches, il ren-

contre un enfant dont l'attitude est celle d'un homme absorbé par une méditation profonde. Cet enfant, appuyé sur un bâton, a les yeux tournés vers le ciel. A ce signe, M Jacoby ne doute pas qu'il n'ait atteint le but de ses courses. Il propose une question à Henri, qui la résout à l'instant même, et il lui promet de l'instruire. Malheureusement celui qui se rappelle si bien les nombres a beaucoup de peine à retenir un nom ou une adresse. Henri, à son tour, emploie un mois entier en recherches infructueuses avant de retrouver M. Jacoby. Enfin les vœux du jeune pâtre sont exaucés : il a le bonheur de recevoir des leçons d'arithmétique. Mais les moments de liberté dont il peut disposer le soir pour cette étude lui paraissent trop courts. Henri, depuis quelque temps, était à la solde d'un fermier établi près de la ville. Il avait pour appointements trois paires de sabots par année, du pain noir à discrétion, et un peu d'ail quelquefois. Un jour il quitte la ferme en déclarant qu'il a trouvé une bonne place ; et M. Jacoby, qui voit l'enfant arriver à Tours avec quelques hardes sous le bras, accueille avec bonté ce nouveau pensionnaire que la Providence lui envoie, ce pauvre orphelin auquel il devra désormais servir de père. Sous la direction de M. Jacoby, Henri Mondeux, en continuant de se livrer à son étude favorite, est devenu plus habile dans la science du calcul, et a commencé à s'instruire sous d'autres rapports. Aujourd'hui il exécute facilement de tête, non-seulement les diverses opérations de l'arithmétique, mais encore, dans beaucoup de cas, la résolution numérique des équations : il imagine des procédés quelquefois remarquables pour résoudre une multitude de questions diverses que l'on traite ordinairement à l'aide de l'algèbre ; et détermine, à sa manière, les valeurs exactes ou approchées des nombres entiers ou fractionnaires qui doivent remplir des conditions indiquées. Arrêtons-nous un moment à donner une idée des méthodes qui sont le plus familières au jeune calculateur.

» Quand il s'agit de multiplier l'un par l'autre des nombres entiers, Henri Mondeux partage souvent ces nombres en tranches de deux chiffres. Il est arrivé de lui-même à reconnaître que, dans le cas où les facteurs sont égaux, l'opération devient plus simple, et les règles qu'il emploie alors pour former le produit ou plutôt la puissance demandée, sont précisément celles que donnerait la formule connue sous le nom de *binome* de Newton. Guidé par ces règles, il peut énoncer, à l'instant même où on les demande, les carrés et les cubes d'une multitude de nombres, par exemple, le carré de 1204 ou le cube de 1006. Comme il sait à peu près par cœur les carrés de tous les nombres entiers inférieurs à

100, le partage des nombres plus considérables en tranches de deux chiffres lui permet d'obtenir plus facilement leurs carrés. C'est ainsi qu'il est parvenu, en présence de l'Académie, à former presque immédiatement le carré de 756.

» Henri est parvenu seul à retrouver le procédé connu qui donne la somme d'une progression arithmétique. Plusieurs des règles qu'il a imaginées, pour résoudre différents problèmes, sont celles qui se déduisent de certaines formules algébriques. On peut citer, comme exemples, les règles qu'il a obtenues pour calculer la somme des cubes, des quatrièmes, et même des cinquièmes puissances des nombres naturels.

» Pour résoudre deux équations simultanées du premier degré, Henri a eu recours à un artifice qui mérite d'être signalé. Il a cherché d'abord la différence des inconnues; et, pour y parvenir, il a soustrait les deux équations l'une de l'autre, après avoir multiplié la première par le rapport qui existe entre les sommes formées successivement, pour l'une et pour l'autre, avec les coefficients des deux inconnues. On pourrait, en faisant subir à ce procédé une légère modification, se borner à soustraire l'une de l'autre les deux équations données, après avoir divisé chacune d'elles par la somme des coefficients qui affectent dans le premier membre les deux inconnues. Alors l'équation résultante fournirait toujours immédiatement la différence entre les deux inconnues, de laquelle on déduit sans peine, comme l'a vu Henri Mondeux, ces inconnues elles-mêmes; et l'on obtiendrait ainsi, pour la résolution de deux équations du premier degré, une méthode qui offrirait cet avantage, que le calcul resterait symétrique par rapport aux deux inconnues dont on cherche les valeurs.

» S'agit-il de résoudre non plus des équations simultanées du premier degré, mais une seule équation d'un degré supérieur au premier, Henri emploie habituellement un procédé que nous allons expliquer par un exemple. Nous avons proposé à Henri le problème dont voici l'énoncé

» Trouver un nombre tel que son cube, augmenté de 84, fournisse une somme égale au produit de ce nombre par 37.

» Henri a donné, comme solutions du problème, les nombres 3 et 4. Pour les obtenir, il a commencé par transformer l'équation qu'il s'agissait de résoudre, en divisant les deux membres par le nombre cherché. Alors la question proposée s'est réduite à la suivante :

» Trouver un nombre tel que son carré, augmenté du quotient que l'on obtient en divisant 84 par ce nombre, donne 37 pour somme.

» A l'aide de la transformation que nous venons de rappeler, Henri Mondeux a pu immédiatement reconnaître que le nombre cherché était inférieur à la racine carrée de 37, par conséquent à 6; et bientôt quelques faciles essais l'ont amené aux deux nombres que nous avons indiqués.

» Les questions même d'analyse indéterminée ne sont pas au-dessus de la portée de Henri Mondeux. L'un de nous lui a demandé deux carrés dont la différence fût 133. Il a donné immédiatement comme solution le système des nombres 66 et 67. On a insisté pour obtenir une solution plus simple. Après un moment de réflexion, il a indiqué les nombres 6 et 13. Voici de quelle manière Henri avait procédé pour arriver à l'une et à l'autre solution. La différence entre les carrés des nombres cherchés surpasse le carré de leur différence d'une quantité qui est égale au double de cette différence multiplié par le plus petit. La question proposée peut donc être ramenée à la suivante : Soustraire du nombre 133 un carré tel, que le reste soit divisible par le double de la racine. Si l'on essaie l'un après l'autre les carrés

$$1, \quad 4, \quad 9, \quad 16, \quad 25, \quad 36, \quad 49, \ldots,$$

on reconnaîtra que parmi ces carrés 1 et 49 sont les seuls qui satisfassent à la nouvelle question. En les retranchant de 133, et divisant les restes 132 et 84 par les racines doublées, c'est-à-dire par 2 et par 14, on obtient pour quotients les nombres 66 et 6, dont chacun répond à l'une des solutions données par Henri Mondeux. On conçoit, d'ailleurs, qu'en suivant la marche que nous venons de rappeler, Henri n'a pas rencontré d'abord celle des deux solutions qui nous paraît la plus simple, mais celle qui offre les carrés dont les racines sont plus rapprochées l'une de l'autre.

» Nous avons été curieux de savoir quel temps emploierait Henri Mondeux pour apprendre et retenir un nombre de 24 chiffres partagés en quatre tranches, de manière à pouvoir énoncer à volonté les six chiffres renfermés dans chacune d'elles. Cinq minutes lui ont suffi pour cet objet.

» Henri a une aptitude merveilleuse à saisir les propositions relatives aux nombres. L'un de nous lui ayant indiqué divers moyens de simplifier les opérations de l'Arithmétique, il les a mis immédiatement en pratique, avec la plus grande facilité.

» Au reste, on serait dans l'erreur si l'on croyait que la mémoire de Henri, si prompte à lui représenter les nombres, peut être aisément appliquée à d'autres usages. Comme nous l'avons déjà remarqué, il a de la peine à retenir les noms des lieux et des personnes. Il lui est pareillement difficile

de retenir les noms des objets qui n'ont pas encore fixé son attention, par exemple, les noms des figures que l'on considère en Géométrie : et la construction des carrés et des cubes l'intéresse moins que la recherche des propriétés des nombres par lesquels on les représente. D'ailleurs, il ne se laisse pas aisément distraire des calculs qu'il a entrepris. Tout en résolvant un problème, il peut se livrer à d'autres occupations qui ne l'empêchent pas d'atteindre son but; et lorsque l'attention de Henri s'est portée sur quelques nombres qu'il s'agit de combiner entre eux, sa pensée s'y attache assez fortement pour qu'il puisse suivre en esprit les progrès de l'opération, comme s'il était complétement isolé de tout ce qui l'environne.

» Henri Mondeux doit beaucoup à M. Jacoby. Lorsque celui-ci consentit à servir de père et de maître au jeune berger, Henri ne savait ni lire ni écrire, il ne connaissait pas les chiffres. S'il montrait une grande aptitude pour le calcul; son instruction, sous tous les autres rapports, et, ce qui est beaucoup plus triste, son éducation même étaient complétement à faire. On doit savoir gré à M. Jacoby de ne s'être point laissé effrayer par les obstacles que semblait opposer d'abord au succès de son entreprise le caractère violent et sauvage du jeune Mondeux; et l'on aime aujourd'hui à retrouver un enfant religieux, caressant et docile dans le petit vagabond de Mont-Louis. Il est vrai que, dans sa pénible tâche, M. Jacoby a été soutenu et encouragé par les heureuses inclinations que Henri Mondeux laissait entrevoir sous l'écorce la plus rude. Naturellement vif et emporté, cet enfant avait un cœur reconnaissant et une tendre charité pour les pauvres, auxquels il distribuait volontiers le peu qu'il possédait. Ces bonnes dispositions ont augmenté l'attachement de M. Jacoby pour son élève, dont le caractère est devenu plus doux. Mais pour réussir, M. Jacoby a été d'abord obligé de séparer complétement Henri Mondeux de ses autres pensionnaires, et de lui donner une éducation toute spéciale. L'éducation, l'instruction de l'enfant sont-elles aujourd'hui assez avancées pour pouvoir être continuées et complétées, en la présence et la compagnie d'autres élèves? M. Jacoby ne le pense pas, et les membres de la Commission ne le pensent pas non plus. Nous croyons d'ailleurs que l'Académie doit reconnaître le zèle et le noble dévouement que M. Jacoby a déployés dans le double intérêt de son élève et de la science, encourager ses efforts, le remercier de l'avoir mise à portée d'apprécier la merveilleuse aptitude du jeune Henri Mondeux pour les calculs, enfin émettre le vœu que le Gouvernement fournisse à M. Jacoby les moyens de continuer sa bonne

œuvre et de développer de plus en plus les rares facultés qui peuvent faire espérer que cet enfant extraordinaire se distinguera un jour dans la carrière des sciences. »

Les conclusions de ce Rapport sont adoptées.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Rapport sur deux Mémoires présentés à l'Académie des Sciences par* M. **Duhamel**, *et relatifs aux vibrations des cordes que l'on a chargées de curseurs.*

(Commissaires, MM. Savart, Savary, Sturm, Augustin Cauchy rapporteur.)

« L'Académie nous a chargés, MM. Savart, Savary, Sturm et moi, de lui rendre compte de deux Mémoires de M. Duhamel. Des recherches entreprises par l'auteur de ces Mémoires, dans le dessein de parvenir à l'explication de certains phénomènes d'acoustique, l'ont conduit à étudier les lois suivant lesquelles les vibrations transversales d'une corde sont modifiées, lorsqu'on applique à l'un de ses points un curseur dont la masse est connue. Alors les deux parties de la corde qui aboutissent au point dont il s'agit n'ont pas nécessairement en ce point la même tangente; et l'équation de condition, relative à ce point, diffère, par la forme, de celles qui se rapportent aux deux extrémités de la corde. On doit même observer que cette équation n'est pas une équation différentielle ordinaire, comme celles que l'on obtient dans un grand nombre de questions de physique mathématique; mais une équation aux dérivées partielles. Cette circonstance n'empêche pas M. Duhamel d'effectuer les intégrations, et de trouver l'équation transcendante, à l'aide de laquelle se déterminent le son fondamental ou les sons harmoniques que la corde peut rendre, ainsi que la position des nœuds. Comme, pour un son donné, les diverses subdivisions de la corde offrent nécessairement des vibrations de même durée, ces subdivisions doivent être égales en longueur, à l'exception toutefois de celle qui porte le curseur, quand le point, auquel le curseur est appliqué, ne devient pas un nœud. Si l'on fait varier proportionnellement la masse du curseur et la longueur de la corde, le rapport des segments restant le même ainsi que la tension, la durée des vibrations variera dans le même rapport que la longueur de la corde. Cette proposition, analogue à celle que M. Savart a déduite de ses expériences relatives aux vibrations des corps semblables, se démontre aussi, comme l'observe M. Duhamel, par une méthode analogue à celle que l'un de nous a exposée dans le tome IX des *Mémoires de l'Académie*.

» Après avoir, dans le premier Mémoire, étudié les vibrations d'une corde chargée d'un curseur, M. Duhamel a composé un second Mémoire dans lequel il a étendu ses recherches au cas où la corde est chargée de deux curseurs à la fois. Dans ce nouveau Mémoire, il a donné encore l'équation transcendante dont les racines servent à déterminer les sons que la corde peut rendre avec la position des nœuds; et, chose remarquable, il a trouvé des solutions qui ne se rapportent à aucune de ces racines. Supposant ensuite que la corde, au lieu d'être abandonnée à elle-même, vibre sous l'action d'un archet, il a retrouvé des théorèmes analogues à ceux qu'il avait obtenus dans un Mémoire dont nous avons déjà rendu compte à l'Académie et qu'elle a honoré de son approbation.

» M. Duhamel ne s'est pas contenté de rechercher par la théorie les lois des vibrations des cordes chargées de curseurs. Pour déterminer le nombre de ces vibrations, afin de pouvoir comparer la théorie à l'expérience, il a employé un procédé dont les premières applications ont été faites par Watt et par Eytelwein. Ce procédé consiste à adapter au point matériel dont on cherche le mouvement une pointe qui laisse une trace sur un plan mobile, sans produire un frottement sensible. Pour se dispenser de la nécessité de calculer avec précision le mouvement de ce plan, M. Duhamel a comparé le nombre des vibrations exécutées par une corde chargée de curseurs avec le nombre des vibrations exécutées en même temps par une autre corde parallèle, et voisine de la première, qui ne portait point de curseurs, et qui, dans toutes les expériences, rendait le même son. Alors l'observation a montré comment les changements opérés dans la position et la masse des curseurs faisaient varier le premier nombre ou plutôt le rapport du premier nombre au second. Pour des valeurs de ce rapport comprises en $\frac{1}{3}$ et $\frac{3}{4}$, les différences entre les résultats de l'observation et de la théorie ont été constamment très petites, par exemple, inférieures à un millième ou à un millième et demi. L'accord du calcul et de l'expérience était donc aussi satisfaisant qu'on pouvait le desirer.

» En résumé, les deux Mémoires de M. Duhamel offrent une nouvelle preuve des avantages que la physique peut retirer de l'analyse mathématique. Ces deux Mémoires nous paraissent très dignes d'être approuvés par l'Académie et insérés dans le *Recueil des Savants étrangers*. »

Les conclusions de ce Rapport sont adoptées.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Rapport sur une machine destinée à la résolution numérique des équations, et présentée à l'Académie par* M. LÉON LALANNE, ingénieur des Ponts-et-Chaussées.

(Commissaires, MM. Savary, Coriolis, Sturm, Aug. Cauchy, rapporteur.)

« Nous avons été chargés, MM. Savary, Coriolis, Sturm et moi, d'examiner une machine construite par M. Ernst, d'après les dessins et sous la direction de M. Léon Lalanne, et présentée par cet ingénieur à l'Académie dans l'avant-dernière séance. En faisant construire cette machine, M. Léon Lalanne s'est proposé d'appliquer d'une manière nouvelle à la résolution numérique des équations un principe exposé dès l'année 1810, dans les *Opuscules mathématiques* de M. Bérard, professeur au collége de Briançon, et reproduit par ce dernier, en 1818, dans un ouvrage intitulé : *Méthodes nouvelles pour déterminer les racines des équations numériques, etc.* Entrons à ce sujet dans quelques détails.

» On sait que, dans une équation algébrique dont le premier membre est une fonction entière de l'inconnue, il suffit de changer les signes des termes qui renferment des puissances impaires de cette inconnue, pour que toutes les racines réelles changent de signe. Donc la détermination des racines réelles d'une semblable équation peut toujours être réduite à la recherche des racines positives. De plus, en substituant à l'inconnue que renferme l'équation donnée le produit de la limite supérieure des racines positives par une inconnue nouvelle, on obtient une équation transformée dont toutes les racines se trouvent comprises entre zéro et l'unité. Cela posé, considérons un levier horizontal dont le milieu, s'appuyant sur un axe de suspension vertical, puisse parcourir sur cet axe une certaine longueur comptée à partir d'un point fixe, et prise pour unité. Supposons d'ailleurs les deux bras de ce levier sollicités au mouvement par des poids qui agissent à des distances de l'axe de suspension représentées par les diverses puissances entières de la distance du levier au point fixe, et qui soient proportionnels aux coefficients des mêmes puissances de l'inconnue dans l'équation transformée; ces poids étant appliqués à un bras du levier ou à l'autre, suivant qu'ils correspondent à des termes positifs ou négatifs. Si le levier dont il s'agit vient à se mouvoir, parallèlement à lui-même, en s'abaissant au-dessous du point fixe, les courbes décrites par les points d'application des divers poids seront évidemment des paraboles de divers ordres, qui auront pour commune ori-

gine le point fixe, à partir duquel elles se sépareront pour se réunir de nouveau par leurs extrémités inférieures, les unes à droite, les autres à gauche de l'axe de suspension. Concevons maintenant que, les différents poids étant suspendus au levier par des fils métalliques, les diverses paraboles, correspondantes aux diverses puissances de l'inconnue, soient représentées par des fentes pratiquées dans un triangle rectangle et isoscèle de bois ou de métal. Si tout est disposé de manière que les points d'application des différents poids, c'est-à-dire, en d'autres termes, les extrémités supérieures des fils métalliques, glissent dans ces fentes, on obtiendra l'instrument auquel M. Bérard a donné le nom de *balance algébrique*. Lorsqu'on voudra se servir de cet instrument, pour obtenir des valeurs approchées des racines positives d'une équation, comprises entre les limites 0 et 1, il suffira de rechercher les diverses positions d'équilibre du levier horizontal; et il est clair qu'à chacune de ces positions correspondra une racine positive représentée par la distance du levier au point fixe qui est l'origine commune des paraboles des divers ordres.

» Au reste, il n'est pas toujours facile d'appliquer la balance algébrique, telle que nous venons de la décrire, à la détermination approximative des racines positives d'une équation, supposées toutes comprises entre les limites 0 et 1. En effet, comme les fentes qui représentent les paraboles des divers ordres ne sauraient être prolongées supérieurement jusqu'à leur commune origine, ni inférieurement jusqu'aux points où elles se réunissent à droite ou à gauche de l'axe de suspension, il deviendra difficile et même impossible de fixer approximativement, à l'aide de la balance, les valeurs de racines positives, si ces racines diffèrent peu de zéro ou de l'unité. Il nous reste à dire quels sont les moyens proposés par M. Bérard lui-même, puis par M. Léon Lalanne, pour remédier à l'inconvénient dont il s'agit.

» Le moyen proposé par M. Bérard consiste à remplacer l'inconnue de l'équation algébrique donnée par une autre inconnue qui soit une fonction linéaire de la première, cette fonction étant tellement choisie, que toutes les racines positives de l'équation transformée demeurent comprises, non plus seulement entre les limites 0 et 1, mais aussi entre les limites plus rapprochées $\frac{4}{10}$ et $\frac{9}{10}$.

» Le moyen proposé par M. Léon Lalanne consiste à écarter arbitrairement de l'axe de suspension les paraboles des divers ordres à des distances qui restent toujours les mêmes pour deux paraboles de même ordre tracées symétriquement à droite et à gauche de cet axe. Le moment du

poids appliqué à l'une de ces deux paraboles se trouve alors augmenté, mais cette augmentation peut être compensée par l'application d'un poids pareil à l'origine de l'autre parabole. D'ailleurs les divers poids ainsi appliqués aux origines de diverses paraboles peuvent être évidemment remplacés par un poids unique dont le point d'application serait situé à l'unité de distance de l'axe de suspension.

» On ne saurait disconvenir que le moyen proposé par M. Léon Lalanne n'ait sur celui qu'indiquait M. Bérard l'avantage de remédier plus efficacement à l'inconvénient que nous avons signalé. A moins d'être construite sur une grande échelle, la balance algébrique, telle qu'elle a été donnée par son auteur, fournira toujours difficilement les valeurs des racines positives qui ne seront pas comprises dans des limites fort resserrées dans le voisinage de la fraction $\frac{1}{2}$. Ajoutons que la nouvelle machine est construite de manière à remplir avec une assez grande exactitude les fonctions qui lui sont assignées, et que les détails de construction imaginés par M. Léon Lalanne sont en rapport avec le but que cet ingénieur s'était proposé. Observons encore qu'il suffirait de remplacer les paraboles des divers ordres par d'autres courbes algébriques ou transcendantes pour rendre la nouvelle machine propre à fournir les racines d'une équation dont le premier membre serait non plus une fonction entière de l'inconnue, mais la somme de plusieurs termes proportionnels à diverses fonctions données.

» En résumé, vos Commissaires pensent que la machine présentée à l'Académie par M. Léon Lalanne offre d'utiles perfectionnements à la balance algébrique, et que pour ce motif de nouveaux encouragements sont dus par l'Académie à l'ingénieux auteur de plusieurs autres appareils qu'elle a déjà honorés de son approbation. »

Les conclusions de ce Rapport sont adoptées.

MÉMOIRES LUS.

PHYSIQUE. — *Recherches expérimentales sur le mouvement des liquides dans les tubes de très petits diamètres; par* M. le docteur **Poiseuille**.

(Extrait par l'auteur.)

(Commissaires, MM. Arago, Savart, Savary, Piobert.)

« M. de Prony, en s'appuyant sur des expériences de Bossut, Couplet et Dubuat, faites sur des *tuyaux de conduite* dont les diamètres varient

de 27 à 490 millimètres, et les longueurs de 9 à 2280 mètres, a établi une formule d'écoulement qui satisfait aux besoins de l'hydrodynamique. Si les hydrauliciens peuvent négliger l'examen du mouvement des liquides dans des tubes de diamètres beaucoup plus petits, il n'en est pas de même des physiologistes, qui doivent considérer le passage des liquides à travers des tubes d'environ 0,01 de millimètre de diamètre. Cependant quelques auteurs, Dubuat, Gerstner et M. Girard, se sont occupés du mouvement des fluides dans des tubes d'un calibre bien moindre que celui des tuyaux auxquels se rapporte la formule de M. de Prony; mais ces tubes sur lesquels ils ont agi offrent encore leurs plus petits diamètres supérieurs à 1 millimètre. Il était donc nécessaire d'étudier l'écoulement des liquides, dans des tubes dont la capacité approchât de celle des vaisseaux capillaires de l'économie, en cherchant à découvrir les phénomènes qui leur appartiennent exclusivement: tel est le but que nous nous sommes proposé d'atteindre, dans les Mémoires que nous avons l'honneur de soumettre au jugement de l'Académie.

» A la vérité M. Navier, en partant d'hypothèses faites *à priori*, sur les actions réciproques des molécules fluides en mouvement, est parvenu, à l'aide de l'analyse, à une équation du mouvement des liquides dans des tuyaux de diamètre extrêmement petit; mais cette formule, qui coïncide d'ailleurs avec celle que M. Girard avait déjà considérée, quoique ses propres expériences ne vinssent pas la confirmer, devait, pour être légitime, s'accorder avec les résultats obtenus expérimentalement.

» Nous avons été conduit à examiner, pour éclaircir la question qui nous occupe, l'influence que pouvait avoir sur la quantité de liquide qui traverse ces tubes de petits diamètres, 1° la pression; 2° la longueur du tube; 3° son diamètre; 4° la température.

Influence de la pression sur la quantité de liquide qui traverse les tubes de très petits diamètres.

» Nous avons emprunté la pression, non à la charge du liquide qui s'écoule, mais à un manomètre à air libre, soit à eau, soit à mercure; nous nous sommes assuré d'ailleurs directement qu'il était indifférent, dans l'écoulement extrêmement lent que nous avions à étudier, de faire usage de l'une ou l'autre pression. Cette circonstance nous a permis alors d'obtenir la pression à volonté, et pour ainsi dire instantanément, à l'aide d'une pompe foulante. Nous avons opéré depuis une pression de quelques millimètres de mercure jusqu'à huit atmosphères.

» Les tubes sont en verre, leur diamètre extérieur est de 4 à 5 millimètres, leur diamètre intérieur varie de 0,013 de millimètre à 0,65 de millimètre, et leur longueur de 2 millimètres à 800 millimètres environ.

» Le liquide qui nous a servi est de l'eau distillée.

» La quantité de liquide écoulé ou produit étant, terme moyen, de 1 centimètre cube en quelques heures, on n'a pu recueillir le liquide dans une éprouvette graduée; on conçoit en effet que pour un écoulement aussi lent, ce mode de jauger les produits aurait introduit de grandes erreurs dans la détermination du temps; d'ailleurs il était absolument nécessaire d'agir à une température qui fût toujours la même, et en opérant comme nous venons de le dire, le tube étant placé au sein de l'atmosphère, l'écoulement aurait eu lieu à la température ambiante, et non à une température constante.

» La quantité de liquide écoulé est déterminée par la capacité d'une ampoule de verre de forme ordinairement sphérique; son volume varie avec le diamètre du tube sur lequel on expérimente. En des points de cette ampoule diamétralement opposés, on a fait souder deux tubes supplémentaires d'environ $\frac{3}{4}$ de millimètre de diamètre; sur chacun de ces tubes, dont l'un est supérieur à l'ampoule, l'autre inférieur, on a placé, à l'aide d'une lime, et à égale distance de l'ampoule, deux lignes ou *indices* perpendiculaires à leur axe; au tube supplémentaire inférieur est soudé le tube de petit diamètre qui doit servir à l'expérience.

» Après avoir chargé l'ampoule et le tube d'eau distillée, le temps que met le liquide à s'écouler, depuis l'*indice* supérieur jusqu'à l'*indice* inférieur, est déterminé par un chronomètre, et il représente la durée de l'expérience.

» Un microscope chercheur, par la coïncidence d'un fil horizontal placé près l'oculaire avec les *indices*, indique le moment où commence l'expérience et celui où elle se termine.

» Le volume de l'air, qui presse sur le liquide en mouvement, change donc depuis le commencement de l'expérience jusqu'à la fin, de toute la capacité de l'ampoule; pour obvier à la variation de pression provenant de ce changement, on s'est servi d'un réservoir d'air d'une très grande capacité : c'est un cylindre en cuivre de forte épaisseur et du volume de 60 litres environ.

» L'usage de l'ampoule offre, entre autres avantages, celui de pouvoir agir à une température constante et déterminée *à priori* : il a suffi, en

effet, de faire plonger l'ampoule et le tube dans un vase de verre contenant de l'eau distillée, maintenue constamment à la même hauteur pendant toute la durée de l'expérience, ainsi que l'indique un thermomètre dont la boule est placée au niveau du tube sur lequel on expérimente. Par cette disposition, le mouvement du liquide a lieu dans un tube établissant la communication entre deux vases. Tel est, en quelques mots, l'appareil que nous avons adopté; sans parler ici de quelques recherches qu'il a nécessitées pour obtenir d'une manière exacte la pression, nous allons rapporter succinctement les expériences qui font l'objet de ce premier Mémoire.

» La température constante à laquelle on a généralement opéré, est 10° centigrades; les pressions du manomètre soit à mercure, soit à eau distillée, ont toutes été ramenées à cette température, en partant de la température ambiante et variable du laboratoire.

» Tube A, longueur 100^{mm},5; diamètres à ses extrémités :

Extrémité libre .. $\begin{cases} d = 0^{mm},1390 \\ D = 0,1410. \end{cases}$ Extrémité opposée, voisine de l'ampoule. $\begin{cases} d = 0^{mm},1405 \\ D = 0,1430. \end{cases}$

» Aux pressions exprimées en mercure, de 385^{mm},870; 739^{mm},114; 773^{mm},443, l'ampoule s'est vidée en des temps respectivement égaux à 3505",75; 1830",75; 1750".

» En comparant les temps aux pressions correspondantes, on voit facilement qu'ils sont en raison inverse des pressions.

» On enlève de ce tube une portion de 25 millimètres environ; le tube, réduit à 75^{mm},8, donne les résultats suivants :

» Aux pressions en mercure, de 97^{mm},764; 147^{mm},832; 193^{mm},632; 387^{mm},675; 738^{mm},715; 774^{mm},676, l'ampoule s'est vidée en des temps respectivement égaux à 10361"; 6851"; 5233"; 2612",5; 1372",5; 1308": on voit, comme précédemment, que les temps sont en raison inverse des pressions.

» Le tube de 51^{mm},1 de longueur offre toujours la même relation entre les temps et les pressions.

» Mais, réduit aux longueurs de 25^{mm},55; 15^{mm},75; 9^{mm},55; 6^{mm},75, cette relation n'a plus lieu; les temps pour des pressions de plus en plus considérables, sont plus grands que ceux que donnerait la relation dont il est question.

» On prend le tube B, de plus petits diamètres que le précédent.

Extrémité libre... $\left\{ \begin{array}{l} d = \overset{mm}{0},1117; \\ D = 0,1135. \end{array} \right.$ Extrémité opposée... $\left\{ \begin{array}{l} d = \overset{mm}{0},115; \\ D = 0,1145. \end{array} \right.$

» Pour les longueurs $100^{mm},05$; $75^{mm},05$; $49^{mm},375$, les temps sont en raison inverse des pressions; le tube réduit à $23^{mm},575$, cette relation qui, pour le tube précédent, n'a plus lieu pour cette longueur, persiste pour ce tube B de plus petit diamètre; mais elle cesse d'exister pour les longueurs 9^{mm}, $3^{mm},9$: comme pour le tube A, les temps correspondants à des pressions de plus en plus considérables, sont proportionnellement plus grands.

» Le tube C a des diamètres moindres que le tube B.

Extrémité libre circulaire.. $D = \overset{mm}{0},084$. Extrémité opposée.. $\left\{ \begin{array}{l} d = \overset{mm}{0},085; \\ D = 0,086. \end{array} \right.$

» La loi précédente existe pour les longueurs, $100^{mm},325$; $74^{mm},95$; $49^{mm},7$; $24^{mm},4$, et aussi pour $10^{mm},15$; lorsque pour cette longueur le tube précédent B et à plus forte raison le tube A ne l'offraient plus.

» Des remarques analogues s'appliquent au tube D, de plus petit calibre que C, dont les diamètres sont :

Extrémité libre. . $\left\{ \begin{array}{l} d = \overset{mm}{0},0460 \\ D = 0,0470. \end{array} \right.$ Extrémité opposée... $\left\{ \begin{array}{l} d = \overset{mm}{0},0425 \\ D = 0,0445. \end{array} \right.$

» Quant au tube suivant E, dont les diamètres sont

Extrémité libre... $\left\{ \begin{array}{l} d = \overset{mm}{0},0286, \\ D = 0,0296, \end{array} \right.$ Extrémité opposée... $\left\{ \begin{array}{l} d = \overset{mm}{0},02933, \\ D = 0,03000, \end{array} \right.$

et par conséquent d'un diamètre seulement trois fois plus grand que celui des vaisseaux capillaires des mammifères, la loi des pressions a lieu pour toutes les longueurs, même pour celle de 2 millimètres.

» Il était important de voir si cette loi existerait encore pour des tubes de diamètres beaucoup plus considérables que ceux qui viennent d'être cités : nous en avons pris un de $0^{mm},65$ de diamètre, c'est-à-dire d'un ca-

libre 500 fois plus fort que le précédent. Pour la longueur de 800 millimètres, on a eu le temps en raison inverse des pressions : il en a été de même pour les longueurs de 400 et 383 millimètres; mais la loi a cessé d'exister pour 200 millimètres, et pour des longueurs inférieures, lorsqu'au contraire elle a lieu, ainsi que nous venons de le voir, pour des longueurs beaucoup moindres, dans des tubes de diamètres plus petits.

» La pression, dans les expériences dont nous venons de parler, ne surpasse pas une atmosphère; nous avons voulu nous assurer si la loi se soutenait pour des pressions beaucoup plus grandes; nous avons vu, en effet, pour des tubes dont les diamètres varient de 0,013 millimètre à 0,1316 millimètre, que cette loi a lieu jusqu'à 6136 millimètres en mercure, c'est-à-dire pour une pression supérieure à huit atmosphères. Nous n'avons pas été plus loin; la rupture d'un appareil, qui fit explosion à dix atmosphères, nous empêcha de faire usage d'une pression plus considérable.

» Il résulte des expériences dont nous venons de faire le résumé, expériences qui, au nombre de près de trois cents, ont été exécutées sur des tubes de longueurs très diverses, et d'un calibre qui a varié de 1 à 2500, que, pour l'écoulement d'une même quantité de liquides, les temps sont en raison inverse des pressions.

» Cette relation, qui paraît d'ailleurs indépendante de la température, puisqu'elle n'a éprouvé aucune modification en opérant à 8°, 11° et 19° c., nous permet d'établir facilement le lien qui unit les produits aux pressions, pendant le même temps.

» En effet, soit a la quantité de liquide écoulé à la pression P et dans le temps t; à la pression mP cette même quantité de liquide a s'écoulera en un temps $\frac{t}{m}$; alors à la pression mP dans le temps t, il s'écoulera ma : les produits sont donc entre eux comme les pressions. Si nous représentons par Q les produits correspondants aux pressions P, il viendra alors, pour l'équation du mouvement des liquides dans les tubes que nous considérons, relativement à la pression, $Q = kP$, k étant un coefficient constant pour un même tube; nous verrons bientôt que ce coefficient est une certaine fonction de la longueur du tube, de son diamètre, et de la température à laquelle on opère.

» Cette relation entre les produits et les pressions ne tient pas à certaines limites de la vitesse, puisque tel tube qui réduit à une certaine longueur ne la présente plus, offre une vitesse comprise entre celles de deux

tubes pour lesquels la loi existe. Mais il résulte de ce qui précède que pour un certain diamètre, les tubes doivent avoir une longueur supérieure à une limite déterminée, sans quoi la loi n'existe pas; et cette limite, comme nous venons de le voir, diminue d'autant plus, que le diamètre du tube est lui-même plus petit : aussi la loi des pressions existe-t-elle encore pour la longueur de 2 millimètres, lorsque le diamètre du tube est de 0,03 de millimètre. De là nous sommes conduit à penser que la relation des produits en raison directe des pressions existerait encore pour un tube de 0,01 de millimètre, lorsqu'il serait réduit à la longueur de 0,5 ou 0,3 de millimètre : ces dimensions sont celles des vaisseaux capillaires des mammifères, dans la trame ou réseau qu'ils forment entre les artères et les veines.

» Dans une prochaine lecture, nous aurons l'honneur d'exposer à l'Académie les lois relatives aux longueurs des tubes, à leurs diamètres et à la température. »

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur la détermination des inégalités séculaires des planètes, étendue aux termes qui, dans les équations différentielles, sont du troisième ordre par rapport aux excentricités et aux inclinaisons; par* M. LE VERRIER.

(Commissaires, MM. Arago, Savary, Liouville.)

I.

« On n'a conservé jusqu'ici, dans le calcul des inégalités séculaires des éléments des planètes, que les termes dépendants des premières puissances des excentricités et des inclinaisons. Les termes suivants seraient du troisième ordre par rapport à ces éléments, et l'on a cru pouvoir les négliger, soit dans les formules destinées à représenter la marche des éléments des orbites pendant un petit nombre d'années, soit dans les intégrales générales qui doivent représenter l'état du système planétaire pendant une suite immense de siècles.

» Dans le premier cas, pour justifier cette simplification apportée à la construction des tables des planètes, on s'est borné à remarquer que pen-

dant 1000 à 1200 ans les éléments des orbites varient très peu; que les excentricités et les inclinaisons, qui sont aujourd'hui très petites, ne sauraient grandir beaucoup dans ce laps de temps; et qu'ainsi des produits de trois dimensions de ces éléments pouvaient être négligés. Ces considérations ne peuvent convenir toutefois au cas où l'on se propose de déterminer les valeurs des éléments après une longue suite de siècles; et, pour rendre admissible cette méthode d'approximation qui permet d'intégrer rigoureusement les équations différentielles, il a fallu effectuer l'intégration, et reconnaître que les formules qu'elle donne permettent aux excentricités et aux inclinaisons de rester toujours petites. Et cela ayant eu lieu effectivement, on en a conclu que la stabilité du système planétaire était assurée par rapport aux excentricités et aux inclinaisons, même pour les planètes dont les masses sont les plus petites.

» Ainsi, en rejetant les termes dépendants des troisièmes dimensions des excentricités et des inclinaisons, on s'est uniquement fondé sur ce que ces éléments étaient petits. Cette raison est insuffisante, et il est aisé de voir que les rapports des moyennes distances doivent avoir la plus grande influence sur la valeur des termes du troisième ordre. L'orbite de Vénus, par exemple, n'est pas inclinée de trois degrés et demi sur l'écliptique; et cependant, à cause de la faible distance de cette planète à la Terre, il arrive au rayon vecteur qui joint ces deux astres d'être incliné de près de neuf degrés sur le plan de l'écliptique. Les mêmes circonstances se présentent dans la théorie de Mercure, troublé par Vénus. Les plus légères différences dans le rayon vecteur ou dans l'inclinaison peuvent ainsi devenir sensibles, et l'on conçoit *à priori* que pour certains rapports des moyennes distances les termes du troisième ordre pourraient devenir tout-à-fait comparables à ceux du premier. Nul théorème ne nous a fait connaître ce rapport des moyennes distances pour lequel les termes du troisième ordre cesseraient d'être négligeables. Aucune recherche ne nous a donné la certitude que le rapport 0,723 des moyennes distances de Vénus et de la Terre au Soleil, est compris dans les limites qui permettent de s'en tenir aux termes du premier degré.

» Quelques nombres serviront, au contraire, à faire apprécier combien il est nécessaire de ne pas s'en tenir aux termes du premier ordre, quand les rapports des moyennes distances ne sont pas très petits.

» Dans la théorie de Vénus et de la Terre, plusieurs des coefficients des termes du troisième ordre sont quinze fois plus grands que ceux des termes

du premier ordre. D'autre part, la tangente φ de l'inclinaison de l'orbite de Vénus sur le plan de l'écliptique est d'environ $\frac{1}{16}$: il en résulte que sur deux termes $a\varphi$ et $b\varphi^3$, l'un du premier, l'autre du troisième ordre, le premier sera seulement dix-sept fois plus grand que le second. Or, dût-on s'en tenir à cette simple considération, et ne pas pousser plus loin le calcul pour se croire autorisé à négliger les termes du troisième ordre, il n'en serait pas moins vrai de dire que les déterminations sur lesquelles elle s'appuie étaient indispensables; car il ne faudrait augmenter la moyenne distance de Vénus au Soleil que d'une fort petite quantité pour que les coefficients des termes du troisième ordre s'accroissent énormément, et pour que ces termes deviennent ainsi tout-à-fait comparables à ceux du premier ordre.

» Et d'ailleurs, la remarque qui précède ne saurait dispenser d'achever complétement le calcul, ni en faire prévoir les résultats définitifs. Car l'action des termes du troisième ordre pourrait encore devenir comparable à celle des termes du premier ordre, soit parce que ceux-ci se détruiraient en partie, soit parce que les termes du troisième ordre, qui sont assez nombreux, seraient tous de même signe. Cette circonstance se présente dans la théorie de Mercure troublé par Vénus.

» En désignant par p le produit de la tangente de l'inclinaison de l'orbite de Mercure sur le plan de l'écliptique de 1800, et du *sinus* de la longitude de son nœud ascendant, on trouve que l'action de Vénus produit dans cette expression une variation annuelle qu'on peut représenter par

$$\delta p = -0'',203 - 0'',107 + 0'',037,$$

le premier terme du deuxième membre exprimant la partie de la variation de p qui est due aux termes du premier ordre, et les deux termes suivants exprimant la somme des actions négatives et la somme des actions positives dues aux termes du troisième ordre.

» En désignant par h' le produit de l'excentricité de Vénus par le sinus de la longitude de son périhélie, on trouve que l'action de la Terre introduit dans cette quantité une variation annuelle égale à

$$\delta h' = -0'',0136 + 0'',0036 - 0'',0031,$$

les trois termes du second membre ayant la même signification que plus haut.

» Quoique les termes du troisième ordre se détruisent en partie dans δp, ils n'en produisent pas moins, en définitive, une variation annuelle égale à $-0'',070$, qui surpasse le tiers de celle due aux termes du premier ordre : et l'on ne saurait la négliger. Dans $\delta h'$, au contraire, les termes du troisième ordre se détruisent presque complétement, à cause des positions relatives des éléments des orbites de Vénus et de la Terre, et l'on peut négliger leur action totale sans beaucoup d'erreur, quoique les sommes des termes positifs et des termes négatifs soient séparément considérables.

» Si l'on voulait vérifier les résultats que nous venons de citer, et quelques-uns de ceux que nous allons encore transcrire, il faudrait se garder d'employer à cet usage les valeurs numériques des coefficients donnés dans le troisième volume de la *Mécanique céleste*. Plusieurs de ces coefficients sont erronés, ainsi que nous l'avons expliqué dans le Mémoire que nous avons eu l'honneur de présenter à l'Académie, le 11 mai dernier; et ce serait seulement en se servant des nombres qui y sont consignés qu'on retrouverait rigoureusement les résultats que nous allons donner ici. Ces nombres doivent être considérés comme le fondement du travail que je présente aujourd'hui.

» Désignons par v la longitude vraie de Mercure dans son orbite, comptée suivant l'usage des astronomes; et par u son anomalie moyenne, comptée à partir du périhélie. Appelons r son rayon vecteur; s sa latitude au-dessus du plan variable de l'écliptique; θ la longitude de son nœud ascendant. Désignons par les mêmes lettres, mais affectées de un, deux, trois, quatre, cinq ou six indices, les mêmes quantités pour les planètes Vénus, la Terre, Mars, Jupiter, Saturne et Uranus. Supposons enfin que t représente la durée de 100 années juliennes.

» Les termes du troisième ordre produisent dans les coordonnées v, r et s quelques perturbations qui ne sont pas négligeables. Pour Mercure en particulier, le mouvement de l'inclinaison relative, dû à ces termes, s'élève aux *deux tiers* de celui qui est produit par les termes du premier ordre ; et il est d'autant plus nécessaire d'y avoir égard, que Mercure est, après Jupiter, la planète où les termes du premier ordre produisent le plus grand mouvement en inclinaison, relativement à l'orbite mobile de la Terre. Il conviendra donc d'ajouter aux tables existantes, lorsqu'on voudra s'en servir à des époques un peu éloignées de leur construction, les équations suivantes, dans lesquelles j'ai seulement négligé les termes qui en 300 ans ne pourraient altérer l'exactitude à laquelle l'auteur de la *Mécanique céleste* a voulu atteindre.

Mercure.

$$\begin{aligned}\delta v = & \ 7'',07\,t \sin v + 6'',01\,t \cos v \\ & + 1'',79\,t \sin 2v + 1'',53\,t \cos 2v \\ & + 0'',47\,t \sin 3v + 0'',40\,t \cos 3v \\ & + 0'',13\,t \sin 4v + 0'',11\,t \cos 4v \\ & + 0'',04\,t \sin 5v + 0'',03\,t \cos 5v,\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\delta r = & \ 0{,}000\,001\,38\,t \\ & - 0{,}000\,006\,42\,t \cos v + 0{,}000\,005\,58 \sin v \\ & - 0{,}000\,001\,31\,t \cos 2v + 0{,}000\,001\,13 \sin 2v,\end{aligned}$$

$$\delta s = 3'',95\,t \cos(v - \theta) - 10'',49\,t \sin(v - \theta).$$

la dernière de ces formules supposant qu'on prenne pour argument de la latitude la longitude vraie. La correction la plus considérable qui puisse en résulter est d'environ 11″ sexagésimales par siècle, soit sur la longitude, soit sur la latitude héliocentriques. Au bout de 300 ans ces erreurs dépasseraient une demi-minute. Ce sont assurément des quantités dont on doit tenir compte, si l'on veut ne pas avoir à retoucher sans cesse aux tables astronomiques. On sait que moins d'un demi-siècle après leur formation, toutes les tables qui ont été construites jusqu'ici se sont trouvées en désaccord sensible avec l'observation. L'état actuel de l'astronomie ne permet cependant pas d'attendre qu'on découvre de nouvelles équations dont l'effet puisse s'élever très haut dans l'espace d'un siècle; et c'est seulement par la réunion de toutes les petites équations qui peuvent produire un effet sensible, qu'on arrivera à donner aux tables leur dernière perfection.

Vénus.

$$\begin{aligned}\delta v' &= -\,0'',08\,t \sin v' - 0'',20\,t \cos v', \\ \delta r' &= -\,0'',000\,000\,36\,t \sin v', \\ \delta s' &= -\,1'',56\,t \cos(v' - \theta') + 0'',55\,t \sin(v' - \theta').\end{aligned}$$

Il en peut résulter 4″ d'erreur au bout d'un siècle sur la latitude géocentrique de Vénus.

La Terre.

$$\begin{aligned}\delta v'' &= -\,0'',44\,t \sin v'' + 0'',14\,t \cos v'', \\ \delta r'' &= 0{,}000\,001\,06 \cos v'' + 0{,}000\,000\,34\,t \sin v''.\end{aligned}$$

Ces équations peuvent produire en 100 ans 1″,7 d'erreur environ, sur la longitude géocentrique de Vénus.

Mars.

$$\begin{aligned}\delta v''' &= -\,0'',29\,t\,\sin v''' - 1'',81\,\cos v''' \\ &\quad -\,0'',03\,t\,\sin 2v''' - 0'',21\,t\,\cos 2v''', \\ \delta r''' &= 0,000\,0011\,t\,\cos v''' - 0,000\,0067\,\sin v''', \\ \delta s''' &= 1'',07\,t\,\cos(v''' - \theta''') - 0'',22\,t\,\sin(v''' - \theta''').\end{aligned}$$

Ces équations peuvent en 100 ans produire une différence de 6″ sexagésimales sur la longitude géocentrique de Mars.

Jupiter.

$$\begin{aligned}\delta v^{\text{iv}} &= 0'',92\,t\,\sin v^{\text{iv}} - 0'',38\,t\,\cos v^{\text{iv}} \\ &\quad +\,0'',06\,t\,\sin 2v^{\text{iv}} - 0'',02\,t\,\cos 2v^{\text{iv}}, \\ \delta s^{\text{iv}} &= -\,1'',03\,t\,\cos(v^{\text{iv}} - \theta^{\text{iv}}) + 0'',17\,\sin(v^{\text{iv}} - \theta^{\text{iv}}).\end{aligned}$$

Saturne.

$$\begin{aligned}\delta v^{\text{v}} &= -\,1'',54\,t\,\sin v^{\text{v}} - 3'',18\,\cos v^{\text{v}} \\ &\quad -\,0'',11\,t\,\sin 2v^{\text{v}} - 0'',22\,\cos 2v^{\text{v}}, \\ \delta s^{\text{v}} &= 0'',27\,t\,\cos(v^{\text{v}} - \theta^{\text{v}}) + 0'',03\,\sin(v^{\text{v}} - \theta^{\text{v}}).\end{aligned}$$

Ces équations peuvent au bout de 100 ans produire 4″ d'erreur sur la longitude géocentrique de Saturne.

Uranus.

$$\begin{aligned}\delta v^{\text{vi}} &= -\,0'',05\,t\,\sin v^{\text{vi}} - 0'',24\,t\,\cos v^{\text{vi}}, \\ \delta s^{\text{vi}} &= -\,0'',72\,t\,\cos(v^{\text{vi}} - \theta^{\text{vi}}) - 0'',29\,\sin(v^{\text{vi}} - \theta^{\text{vi}}).\end{aligned}$$

II.

» Maintenant qu'il est nettement établi que la considération des termes du troisième ordre est indispensable, même à l'Astronomie actuelle, serait-il nécessaire d'insister pour faire admettre qu'on doit *à fortiori* en tenir compte dans l'intégration générale des équations différentielles du mouvement des éléments des orbites, lorsqu'on veut prévoir quel sera l'état de notre système planétaire dans un avenir aussi reculé que nos connaissances sur les masses des planètes peuvent le permettre? Non, sans doute. Et je dois seulement exposer le but que je me suis proposé, les résultats que j'ai obtenus dans cette seconde partie de mon travail. J'ose espérer que l'Académie voudra bien le considérer comme le complément des recherches auxquelles je me suis déjà livré sur cette matière, et qu'elle a honorées de son approbation.

» Je me suis proposé de reconnaître si, par la méthode des approximations successives, les intégrales se développent effectivement en séries assez convergentes pour qu'on puisse répondre de la stabilité du système planétaire. En supposant que cette condition fût remplie, il était ensuite utile de donner aux intégrales toute l'exactitude qu'elles sont susceptibles de recevoir, dans l'état actuel de nos connaissances sur les masses des planètes. Ce degré de précision est indispensable pour qu'il soit permis de compter sur les résultats que fournit le calcul général des inégalités séculaires, dans les limites où les incertitudes qui règnent sur les valeurs des masses nous forcent à nous renfermer.

» J'ai pris pour point de départ les intégrales rigoureuses qu'on obtient en ne conservant que les termes du premier ordre, et qu'on trouvera dans les *Additions à la Connaissance des Temps* pour l'année 1843. Et c'est en faisant varier les constantes introduites dans ces équations par l'intégration, que j'ai pu tenir compte des termes du troisième ordre. Cette marche introduit des arcs de cercle en dehors des signes sinus et cosinus; mais on peut les effacer, en changeant convenablement les valeurs des arguments introduits par la première approximation. Il ne reste ensuite à déterminer que les coefficients des termes périodiques correspondants, et ceux des nouveaux termes périodiques introduits.

» Le système des trois planètes, Jupiter, Saturne et Uranus, sensiblement indépendant de l'action des autres planètes, peut se traiter à part, surtout quand il s'agit de la seconde approximation. On trouve d'abord que les trois arguments $g = 2'',25842$, $g_1 = 3'',71364$ et $g_2 = 22'',4273$, relatifs aux mouvements des excentricités et des périhélies, doivent subir les corrections suivantes :

$$\begin{aligned} \delta g &= 0'',05872, \\ \delta g_1 &= 0'',01517, \\ \delta g_2 &= 0'',3231. \end{aligned}$$

La dernière de ces corrections, surtout, est beaucoup plus grande que celle qui pourrait être apportée plus tard à la valeur de g_2 par les changements qu'auront à subir les valeurs adoptées pour les masses des planètes; il est nécessaire d'y avoir égard si l'on veut prévoir réellement quelles seront les excentricités et les positions des périhélies de Jupiter, Saturne et Uranus, dans un grand nombre de siècles. L'inexactitude des arguments est, en effet, la principale cause qui empêche que les formules ne puissent recevoir une acception indéfinie. Plus les arguments seront

déterminés avec rigueur, et plus loin on pourra lire dans l'avenir. La correction δg_2 apportée à l'argument g_2 donnera donc aux formules une plus grande rigueur; mais c'est sans doute la seule qu'il soit permis d'attendre dans l'état actuel de l'Astronomie : car si l'on considère que la correction δg_2 est petite par rapport à la valeur de g_2, et qu'on ait égard aux formules que nous avons données pour juger du degré de rigueur des arguments de la première approximation, on demeurera convaincu que les corrections qui seraient apportées à cet argument par les termes du cinquième ordre n'égaleraient pas les erreurs qu'il peut renfermer, en raison de l'imparfaite connaissance des masses; et ainsi il serait inutile de s'occuper de ces termes.

» On trouve semblablement que les arguments $k_1 = -2'',50223$ et $k_2 = -25'',88731$, relatifs à la première approximation des mouvements séculaires des inclinaisons et des nœuds doivent subir les corrections suivantes :

$$\delta k_1 = -0'',05806,$$
$$\delta k_2 = -0'',6091.$$

La seconde de ces corrections surpasse de beaucoup l'erreur qui peut affecter l'argument k_2, en vertu des inexactitudes qu'on peut supposer dans les masses admises. Quant à l'argument *zéro*, qui entre dans les formules de la première approximation, il reste encore nul dans les formules de la seconde, en vertu de la forme des équations différentielles.

» Enfin, on reconnaît que les nouveaux termes périodiques sont négligeables, leur valeur absolue tombant au-dessous des erreurs qui peuvent provenir de l'inexactitude des masses. Mais alors il n'y a rien à changer aux coefficients des formules de la première approximation, tels qu'on les trouve aux pages 38 et 58 des *Additions à la Connaissance des Temps* pour 1843. Et nous arrivons à cette conclusion, que ces formules donneront pour Jupiter, Saturne et Uranus, toute la précision que l'on peut attendre de l'état actuel de l'Astronomie, pourvu qu'on ait soin d'y substituer les arguments suivants :

$$g = 2'',31714,$$
$$g_1 = 3'',72881,$$
$$g_2 = 22'',7504,$$
$$k = 0,$$
$$k_1 = -2'',56029,$$
$$k_2 = -26'',4964.$$

» La considération des termes du troisième ordre était donc nécessaire pour donner aux formules des inégalités séculaires de Jupiter, Saturne et Uranus, toute l'exactitude dont elles sont susceptibles. Cette exactitude, sous le point de vue astronomique, ne pourra plus être dépassée que lorsque, par leurs développements observés avec soin pendant une longue suite d'années, les inégalités de ces planètes auront donné le moyen d'estimer leurs masses d'une manière plus rigoureuse qu'on ne peut le faire actuellement.

» Il nous reste à parler du système composé des quatre petites planètes, Mercure, Vénus, la Terre et Mars; et, avant tout, remarquons qu'il ne saurait être traité aussi complétement que le précédent. L'incertitude qui règne sur les masses de ces petites planètes fait que nous ne pouvons compter que faiblement sur les valeurs d'une partie des coefficients et des arguments qui entrent dans leurs formules. Ainsi nous ne pouvons répondre en aucune façon du chiffre des millièmes dans plusieurs des coefficients relatifs à Mercure, Vénus et la Terre; et, dans les formules relatives à Mars, il entre un coefficient 0,073 qui est encore moins bien connu, puisque l'on n'est pas sûr du chiffre des centiemes à une unité près. Or il est clair qu'il n'y aurait aucun avantage à calculer les corrections provenant des termes du troisième ordre, et dont la valeur absolue tomberait au-dessous de celle des erreurs provenant des inexactitudes probables des masses.

» Aussi, bien que les arguments de la première approximation dussent être notablement modifiés pour qu'on pût compter sur les formules dans un avenir reculé, nous n'insisterons pas sur ces corrections; et nous nous bornerons à dire qu'elles sont assez petites par rapport aux arguments eux-mêmes, pour que les séries suivant lesquelles se développent les intégrales soient regardées comme convergentes.

» Mais la principale difficulté vient ici de ce que les termes du troisième ordre introduisent dans les équations différentielles plusieurs termes dont les arguments different très peu de ceux de la première approximation. Ces termes acquièrent par l'intégration de très petits diviseurs; et il en résulte dans les intégrales des termes dus à la seconde approximation, dont les coefficients surpassent même ceux de la première approximation. Si l'on pouvait répondre de la valeur absolue de ces termes, la conclusion serait simple : la méthode des approximations successives devrait être rejetée. En recourant aux formules que j'ai données pour juger du degré d'exactitude des arguments, j'ai reconnu qu'on ne pouvait pas arriver à une

semblable conclusion, et même qu'on n'en pouvait tirer aucune. Car, avec les masses admises dans le calcul, quelques diviseurs sont assez petits pour rendre les séries divergentes; et d'autres, par de faibles changements apportés à ces masses, produiraient le même effet. Mais, d'un autre côté, par de pareils changements dans les masses, on pourrait rendre tous ces diviseurs assez grands pour que les termes du troisième ordre permissent encore de compter sur la convergence des séries; ou bien on pourrait rendre ces diviseurs rigoureusement nuls, et les termes correspondants ne feraient plus qu'apporter de faibles changements aux arguments de la première approximation.

» Il paraît donc impossible, par la méthode des approximations successives, de prononcer si, en vertu des termes de la seconde approximation, le système composé de Mercure, Vénus, la Terre et Mars jouira d'une stabilité indéfinie; et l'on doit desirer que les géomètres, par l'intégration rigoureuse des équations différentielles, donnent les moyens de lever cette difficulté, qui peut très bien ne tenir qu'à la forme.

» L'existence de petits diviseurs, conclue immédiatement des formules de la première approximation, n'aurait pas suffi pour établir que la méthode des approximations successives devrait être rejetée; car, en vertu de la forme des équations différentielles, les coefficients relatifs à certains arguments disparaissent d'eux-mêmes, et quelque petits que soient ces arguments, ils n'en peut alors résulter aucune difficulté.

» Nous résumerons les considérations et les résultats compris dans cette Note, par les trois propositions suivantes:

» 1°. Les variations séculaires, dépendantes des termes du troisième ordre, produisent, dès à présent, dans la longitude et la latitude de plusieurs planètes, de petites équations auxquelles on doit avoir égard dans la construction des tables;

» 2°. La considération des termes du troisième ordre est indispensable dans la théorie de Jupiter, Saturne et Uranus, lorsqu'on veut former les intégrales générales destinées à représenter l'état de ce système pendant une longue suite de siècles, et qu'on desire obtenir toute la précision que comporte l'état actuel de nos connaissances sur les masses de ces planètes. Il serait inutile de tenir compte des termes des ordres supérieurs.

» 3°. Dans la théorie de Mercure, Vénus, la Terre et Mars, les termes du troisième ordre introduisent de petits diviseurs, de la valeur absolue desquels on ne peut répondre. On n'arrive, par des approximations suc-

cessives, à aucune conclusion sur la stabilité du système composé de ces quatre planètes. L'intégration directe des équations, comprenant les termes du troisième ordre, pourra seule lever cette difficulté. »

ART NAUTIQUE. — *Instruments nouveaux destinés à faire connaître le sillage, la dérive d'un navire et la température de la mer sous la quille; par* M. **Clément.**

(Commissaires, MM. Beautemps-Beaupré, Dupin, de Freycinet, Savary.)

Ces instruments, déjà éprouvés avantageusement sur les navires de l'État, doivent être l'objet d'un Rapport qui sera inséré dans le *Compte rendu.*

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Description et figure d'une machine hydraulique dans laquelle l'atmosphère est le moteur; par* M. **Pascal.**

(Commissaires, MM. Savary, Piobert, Séguier.)

MÉTÉOROLOGIE. — *Nouvelles observations relatives à la direction des étoiles filantes et au parti que l'on en peut tirer pour prévoir quelques jours à l'avance les changements de temps; par* M. **Coulvier-Gravier.**

(Commissaires, MM. Arago, Savary, Pouillet.)

M. **Bezanger** soumet au jugement de l'Académie une *encre* dans la composition de laquelle il a cherché à satisfaire à toutes les conditions indiquées comme nécessaires par la Commission des encres indélébiles, dans son Rapport en date du 6 juin 1831. M. Bezanger ajoute que plusieurs des membres de la Commission ont bien voulu lui donner des conseils, et ont paru satisfaits des résultats qu'il a obtenus.

(Renvoi à l'ancienne Commission.)

M. **Kobilski** adresse une Note sur les *inondations.*

(Commission précédemment nommée, à laquelle est adjoint M. Babinet.)

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de la Guerre** annonce à l'Académie que M. *Regnault*, qu'elle lui avait présenté comme candidat pour la place de professeur de Chimie à l'École Polytechnique, vient d'être nommé à cet emploi par une décision en date du 11 décembre.

Lettre de M. **Hess** *à* M. Arago, *en date de Saint-Pétersbourg, le* 26 *novembre* 1840.

« J'ai l'honneur de vous communiquer quelques recherches sur la thermo-neutralité, que je vous avais annoncées dans ma dernière lettre.

» Si l'on mélange deux dissolutions de sels neutres, qui se décomposent mutuellement, et que l'on observe le thermomètre avant et après le mélange, on s'aperçoit qu'il n'a pas varié malgré que les affinités les plus fortes se trouvent satisfaites. La première conclusion à tirer de ce fait est que dans les deux cas la quantité de chaleur dépensée est la même. Cette explication, quoique juste, est cependant trop sommaire pour être satisfaisante ; les relations thermo-chimiques la donnent complète.

» Si vous prenez plusieurs bases comme la potasse, la soude, l'ammoniaque, la chaux, vous trouvez que, saturées par l'acide sulfurique, elles dégagent toutes la même quantité de chaleur, pourvu qu'avant l'expérience elles soient parfaitement saturées d'eau. On obtient un résultat analogue pour l'acide nitrique, seulement le nombre est plus faible que celui fourni par l'acide sulfurique; enfin l'acide muriatique fournit aussi un nombre constant, mais plus faible que les deux précédents. Les nombres obtenus se trouvent consignés dans le tableau suivant; il faut observer que ce sont les résultats de l'expérience et qu'ils n'ont subi aucune correction.

SUBSTANCES.	ACIDE SULFURIQUE.	ACIDE NITRIQUE.	ACIDE MURIATIQUE.
Potasse..........	602	409	361
Soude...........	605	410	368
Ammoniaque.....	598	409	369
Chaux......... .	642	451	436

» A l'aspect de la première colonne vous serez d'abord frappé par le nombre 642 qui s'éloigne de la moyenne; mais cette différence n'est qu'apparente, car le sel obtenu n'est pas le sel anhydre $\dot{C}a\,\dddot{S}$, mais bien $\dot{C}a\,\dddot{S} + 2Aq$. Si l'on essaie de déterminer la chaleur dégagée par la combinaison du sulfate anhydre avec l'eau, vous trouvez qu'il dégage 42 de chaleur. Le nombre 642 est donc la somme des deux quantités 600 et 42, dont la première est due à l'action de l'acide sur la base. Il en est de même du quatrième nombre de chacune des deux autres colonnes, qui se trouve augmenté de la quantité de chaleur dégagée par le sel de chaux et l'eau.

» Maintenant prenons dans le tableau des sels avec les quantités de chaleur dégagée par leur formation, par exemple:

Le nitrate de chaux qui dégage........................	451
Et le sulfate de potasse qui dégage....................	601
Somme............	1052

» Nous avons après la décomposition les sels suivants:

Le sulfate de chaux hydraté qui dégage................	642
Le nitrate de potasse qui dégage........................	409
Somme..........	1051

Personne, je l'espère, ne songera à tirer une objection de la petite différence que présente le résultat de l'expérience. Mais si nous prenons d'autres sels qui ne soient pas au même degré d'hydratation, nous ne pourrons plus obtenir une thermo-neutralité stricte; car, par exemple,

Le muriate de chaux dégage...........................	436
Le sulfate de potasse.......................................	601
Somme............	1037

Après la décomposition nous aurons

Sulfate de chaux qui dégage...........................	642
Muriate de potasse..	361
Somme............	1003

mais ici la cause de la différence est manifeste.

» Quand deux sels se trouvent en présence dans une dissolution, et que l'un des acides dégage avec chacune des deux bases la même quantité de chaleur, il est évident qu'il est indifférent par rapport à la quantité de chaleur dégagée, quelle est celle des deux bases avec laquelle l'acide se trouve combiné. Or ce raisonnement s'applique également aux deux acides. La thermo-neutralité se trouve donc entièrement expliquée; mais là ne se bornent pas les conséquences. La quantité de chaleur dégagée par un acide avec toutes les bases étant constante, il en résulte nécessairement que la *différence* entre les quantités de chaleur dégagées par deux acides *est aussi constante*. Il suffira donc de connaître la quantité de chaleur que dégage un acide quelconque, déjà connu, avec une base quelconque, même jusque alors inconnue, pour trouver la quantité de chaleur que doivent fournir tous les autres sels de cette base, sous la seule condition d'être neutres. On n'aura donc, comme pour les équivalents pondérables, nul besoin d'analyser les combinaisons que forme une base avec tous les acides; l'analyse d'un seul de ces sels suffit pour connaître les autres.

» Il faut bien observer que toutes les combinaisons ne sont pas également propres à fournir un chiffre exact, et qu'il y en a dont il serait impossible de mesurer directement et avec quelque précision la chaleur dégagée. Il est donc fort essentiel de n'avoir à prendre sur toute la série de combinaisons que la plus appropriée aux conditions de l'expérience. Jusqu'ici j'ai toujours considéré la chaleur dégagée comme la mesure de l'affinité chimique. Vous savez combien il importe de s'éclairer sur cette question. Si nous voulons parvenir à découvrir les lois de l'affinité, il faut non-seulement pouvoir comparer, mais mesurer même strictement ses effets. Mais si la chaleur dégagée est réellement la mesure de l'affinité, comment se fait-il que toutes les bases, au moins celles qui viennent d'être essayées jusqu'ici, dégagent la même quantité de chaleur avec un acide, tandis que nous savons positivement que, par exemple, l'affinité de la potasse l'emporte sur celle de la chaux? A cela la thermo-chimie répond que les quantités de chaleur indiquées dans le tableau n'expriment réellement que la différence entre la chaleur dégagée par l'eau et par l'acide, et que pour avoir la quantité totale de chaleur dégagée entre un alcali et un acide, il faut prendre la somme des chaleurs dégagées par l'eau et par l'acide. Pour résoudre la question il faut nécessairement savoir combien de chaleur chacune des bases dégage avec l'eau. Mais observez que quelles que soient les quantités de chaleur à ajouter aux deux bases dans l'exemple

de thermo-neutralité cité plus haut, l'égalité des sommes n'en sera nullement troublée ; il est donc évident que la thermo-neutralité ne peut fournir aucun moyen pour résoudre la question, et *qu'il faut recourir à l'expérience directe.*

» Il est assez facile de déterminer la quantité de chaleur que dégage la chaux en se combinant avec l'eau. J'ai trouvé que cette quantité était exprimée par le nombre 163 pour 1 équivalent de chaux (l'équivalent de $\dddot{S}$ étant pris = 1). Je ne pouvais me procurer facilement une quantité suffisante de potasse anhydre; mais j'avais remarqué que la potasse se combinait avec l'eau en plusieurs proportions, et cela devait déjà faire supposer qu'elle dégagerait beaucoup plus de chaleur que la chaux. L'hydrate potassique $\dot{K}\dot{H}$ mêlé avec de l'eau en excès, dégagea entre 303 et 340 de chaleur par équivalent de potasse. Ce nombre sans être exact donne déjà une réponse positive, d'autant plus que c'est le premier atome d'eau qui dégage la plus grande quantité de chaleur. La potasse dégage donc beaucoup plus de chaleur que la chaux, elle est aussi la plus puissante.

» Une expérience des plus simples à vérifier méritera, je l'espère, d'attirer encore un moment votre attention par la gravité des questions qu'elle soulève. Je veux parler de la constitution des sels et je choisirai un de ceux qui, grâce aux beaux travaux de M. Graham, nous paraissent des mieux connus. Cet habile chimiste a envisagé le bisulfate hydraté de potasse comme du bihydrate d'acide sulfurique, $\dot{H}\dddot{S}, \dot{H}$, dont l'atome d'eau saline avait été remplacé par du sulfate de potasse, et lui attribue la formule $\dot{H}\dddot{S}, \dot{K}\dddot{S}$ (voyez *Elements of Chemistry*, p. 328). Mais il est facile de prouver que ce ne peut être la véritable constitution de ce sel, car si le sulfate de potasse ne faisait réellement que remplacer le second atome d'eau, il le remplacerait sans dégagement de chaleur, vu que la chaleur a déjà été dégagée par l'eau. Mais qu'on fasse l'expérience, et l'on trouve qu'il se dégage une nouvelle quantité de chaleur : *le sel fait donc plus que remplacer un atome d'eau.* Pour parvenir à la connaissance parfaite de la constitution de ce sel, il faut absolument connaître la quantité de chaleur dégagée entre chacun de ses éléments.

» La chaleur dégagée par la potasse anhydre et l'eau étant encore inconnue, soit $= x$. La chaleur dégagée entre $\dddot{S}$ et $\dot{H}$ est 310, la chaleur entre l'hydrate de potasse et $\dot{H}\dddot{S}$ est 601; donc la somme totale entre la potasse et l'acide sulfurique ($\dot{K}$ et $\dddot{S}$) est $x + 911$.

» La chaleur dégagée entre ($\dot{K}\dddot{S}$ et $\dot{H}\dddot{S}$) le sulfate de potasse et l'acide sulfurique hydraté, est difficile à déterminer directement. Je préparai donc d'abord du bisulfate anhydre $\dot{K}\dddot{S}^2$, et je déterminai la quantité de chaleur qu'il dégage quand son excès d'acide est saturé par un alcali. L'expérience a indiqué 406. Ce nombre est facile à interpréter, car si l'acide $\dot{H}\dddot{S}$ eût été saturé d'alcali, il eût donné 601; mais si préalablement il eût été complétement saturé d'eau, il n'eût plus donné par l'alcali que 407 de chaleur, et c'est justement la quantité fournie par l'acide du bi-sel. Ainsi donc, dans le bi-sel, le second atome d'acide a perdu (par sa combinaison avec $\dot{K}\dddot{S}$), juste autant de chaleur que *l'eau peut en faire perdre à l'acide anhydre*. Cette quantité est $= 510$.

» Il ne nous reste plus qu'à savoir la quantité de chaleur dégagée entre le sulfate anhydre et un atome d'eau. Mais cette quantité est si petite que je n'ai pas encore pu venir à bout de la déterminer; elle est certainement plus petite que la quantité de chaleur dégagée de l'acide sulfurique par le second atome d'eau, c'est-à-dire plus petite que 77, sans quoi elle eût été facile à apprécier. Nommons cette quantité y, et inscrivons entre les signes de chacune des substances les quantités de chaleur dégagées; nous aurons ($\dot{K}y + 911\dddot{S}$, $510\dddot{S}$; $y\dot{H}$) pour exprimer la composition du bisulfate hydraté de potasse. Si la manière de voir de M. Graham était juste, le sulfate potassique $\dot{K}\dddot{S}$ et l'acide sulfurique monohydraté $\dot{H}\dddot{S}$, ne devraient dégager que 77 de chaleur par leur combinaison, tandis qu'ils en dégagent 200. Il existe une autre manière d'envisager le bisulfate hydraté : on le considère comme un sel double formé de sulfate de potasse et de sulfate d'eau ; mais cette manière de voir répugne aux analogies, car elle fait du bisulfate anhydre et du bisulfate hydraté deux sels de constitution tout-à-fait différente, tandis que les rapports thermochimiques indiquent que dans les deux cas c'est le même sel, combiné une fois avec un atome d'eau, qu'il abandonne très facilement.

» Il est donc absolument nécessaire de connaître les différentes quantités de chaleur dégagée entre les éléments d'un sel, pour en connaître la constitution. Cela nécessite à son tour un système de notation convenable. Mais pour cela il faut avant tout multiplier les faits, car ce n'est qu'alors qu'on pourra étudier avec quelque succès comment, dans les différents groupes chimiques, les quantités de chaleur décroissent du centre à la périphérie, s'il est permis de s'exprimer ainsi. On pourra peut-être

même renouveler avec quelque succès la question des quantités absolues de chaleur dans les corps. »

Extrait d'une Lettre de M. CHARLES DEVILLE *à* M. Élie de Beaumont.

« ..... Je n'ai pu jusqu'à présent visiter en détail que l'île de la Trinité, Saint-Thomas et quelques autres points des îles Vierges. Ces études, jointes à une courte excursion que j'ai faite à la Côte ferme, et à un séjour de six à huit semaines que j'ai l'intention de consacrer à l'île de Porto-Rico, me donneront, j'espère, des données suffisantes pour l'intelligence, au moins dans son ensemble, de la structure géologique des deux grandes lignes de côtes qui encadrent au nord et au sud le golfe du Mexique. Je compte enfin employer l'intervalle de décembre prochain à juin 1841, à l'étude des îles volcaniques, que je n'ai fait encore qu'effleurer.

» La chaîne qui constitue les côtes Nord de l'île de la Trinité, étant la partie de cette île qui a le plus de rapport avec la géologie générale du golfe, je vous transcrirai en peu de mots les résultats principaux de son exploration. Les côtes nord de la Trinité sont formées par une chaîne de montagnes dont les sommets les plus élevés ne peuvent pas, d'après mes mesures prises à quelques points, dépasser une hauteur de 800 mètres, et qui court à peu près de l'est à l'ouest, mais plus exactement de l'est quelques degrés nord, à l'ouest quelques degrés sud.

» Cette chaîne est la continuation, ou plutôt la fin de celle du Brigantin, qui forme la côte Nord de la province de Cumana, et qui atteint une élévation beaucoup plus considérable. Il y a, entre les roches des deux pays, rapports de composition minéralogique et de structure géologique.

» Ces montagnes offrent deux systèmes de roches distincts.

» Le premier et le plus ancien se compose principalement,

» 1°. D'argiles schisteuses, plus ou moins micacées ou talqueuses, ou, pour mieux dire, de couches offrant tous les passages d'un schiste argileux commun aux roches que l'on nomme schistes micacés ou talqueux. (Les roches de certaines contrées alpines donnent une idée très exacte de ces diverses transformations.) Ces masses fossiles sont partout et sans exception, pénétrées de matière quarzeuse, affectant le plus souvent la forme lenticulaire de dimensions très variables; quelquefois celle de puissants filons (Arima). Les masses quarzeuses contiennent souvent des géodes de quartz blanc hyalin, dont les cristaux peuvent atteindre de grandes dimensions (cascade de Maracas).

» 2°. De grès micacés, ou grauwackes, alternant avec les couches précédentes ;

» 3°. De grès blanchâtres à grain fin ;

» 4°. Enfin de très minces couches d'un calcaire gris bleuâtre cristallin, le plus souvent subordonné au grès.

» Ces diverses roches sont constamment pénétrées d'une très grande quantité de pyrites de fer en petits cubes

» La décomposition de ces matières ferrugineuses donne au sol et aux eaux une couleur rougeâtre très prononcée.

» Les seuls restes organiques qu'on ait encore trouvés dans cette formation consistent en une double empreinte végétale, qui a paru au docteur Finlay appartenir à un *equisetum*. Elle était contenue dans un schiste micacé de la vallée de Sainte-Anne. L'échantillon a dû avoir été envoyé par le docteur Court à M. Achille Richard.

» La chaîne offre du côté du nord des escarpements presque verticaux, sur lesquels la mer vient se briser avec bruit : du côté opposé, au contraire, les couches plongent uniformément et avec une grande régularité vers le sud ou le sud un peu est, à travers les accidents partiels et locaux.

» Cette disposition générale est saillante partout, et les pentes du côté du sud, bien qu'offrant elles-mêmes parfois quelques escarpements, contrastent par leur douceur avec le mur vertical qui borde l'île au nord.

» Le second système de roches, formant la *bande du Nord*, est loin d'atteindre la même hauteur que la formation schisteuse, sur laquelle elle vient s'adosser par places, du côté intérieur ou méridional de la chaîne.

» Ces collines, dont la plus élevée atteint 200^{m}, consistent en grès, argiles et calcaires.

» La partie inférieure de la formation est difficile à déterminer, parce que, le plus souvent, la séparation avec le système précédent n'est pas distincte et tranchée. Cependant je crois qu'on doit citer comme l'étage inférieur de ce second système une sorte de grès ou grauwacke, tout pénétré de matière micacée verdâtre, traversée par des filons de quartz et de chaux carbonatée ferrifère.

» Au-dessus de ces roches, que je n'attribue qu'avec doute au terrain supérieur, reposent des couches d'argile schisteuse presque toujours calcaire, alternant avec des couches d'un blanc spathique. Ces dernières couches sont quelquefois très épaisses, et alternent avec le grès suivant, mais finissent cependant par lui être supérieures.

» Ce grès qui, comme vous voyez, paraît enclavé dans la formation argilo-calcaire, est gris rougeâtre, rouge ou brun, extrêmement micacé, traversé par de petites veines quarzeuses, et alterne souvent, comme je l'ai dit, avec les couches supérieures du calcaire gris à veines spathiques. Il contient accidentellement des amas considérables de gypse où l'on distingue disséminés quelques cristaux de soufre (près de Saint-Joseph).

» Les restes organiques que j'ai découverts dans ces couches, et ce sont, je crois, les seuls qu'on y connaisse, sont une empreinte d'ammonite, appartenant aux couches minces argilo-calcaires de la partie inférieure de la formation, et de petites coquilles, très indistinctes, contenues en grand nombre dans quelques couches du calcaire gris à veines spathiques. Elles font corps avec la roche, dont il est impossible de la détacher. Ces coquilles rappellent la forme des gryphées.

» La stratification de ce deuxième système est compliquée, et ses couches fortement tourmentées. Le plus souvent l'inclinaison des couches est en rapport avec celle des schistes micacés plus anciens, d'autres fois le calcaire paraît se relever vers l'ouest. Cette formation est d'ailleurs loin de s'appliquer exactement sur toute la surface méridionale de la première; elle ne paraît au contraire exister que dans quelques points isolés, comme si elle avait été déposée dans quelques baies d'une mer dont les flots auraient baigné la formation schisto-micacée.

» Le faciès minéralogique de cette deuxième formation concorde avec la nature du petit nombre de restes organiques qu'on y a trouvés pour la faire ranger dans le terrain jurassique. (Je crois me souvenir que M. de Humboldt décrit dans les montagnes de Cumana un calcaire dont l'aspect lui parut aussi jurassique, et dans lequel il trouva une ammonite.)

» Il est possible que la formation schisto-micacée elle-même ne soit que la partie inférieure de cet important groupe géologique. L'exemple des Alpes encouragerait à cette hypothèse. Ces diverses assises ont plusieurs traits de ressemblance avec celles que M. de la Bèche a étudiées à la Jamaïque, sous les noms de *terrains de transition de grès rouge et terrain houiller*. (*Transactions de la Société géologique de Londres*, 2e série, tome II, page 151.)

» Le centre de l'île, auquel je tâcherai de consacrer encore quelque temps l'année prochaine, est d'une nature et d'un intérêt tout différents. Il est, je crois, aussi propre qu'aucune place au monde pour l'étude soit des causes actuelles, soit des effets géologiques les plus modernes. En

deux mots, le grand dépôt argileux qui en forme les parties les plus basses, me paraît l'ouvrage du vaste courant de l'Orénoque, qui se serait étendu sur toute la partie centrale de la Trinité pour se déverser à l'est de cette île, avant l'ouverture des deux bouches du Dragon et du Serpent, au N. et au S. La rupture des digues pourrait être elle-même attribuée au dernier mouvement qui a affecté ce sol, et par exemple à la révolution qui peut avoir soulevé les Andes et donné naissance à la chaîne des Antilles volcaniques. Je crois que maintenant on pourrait citer quelques faits en faveur de cette hypothèse.

» Les seules îles volcaniques où je sois descendu, mais fort peu de temps, sont la Grenade, Nevis et Saint-Christophe. Quelque imparfaites qu'aient dû être les idées que j'ai pu en acquérir pendant un séjour très court, je dois vous dire cependant que ces îles m'ont présenté tous les caractères des cratères de soulèvement. Les roches sont des trachytes analogues à ceux du mont Dore. Les formes ardues et pittoresques de la Grenade rappellent tout-à-fait celles de nos montagnes trachytiques. A Saint-Christophe, que j'ai pu mieux étudier, on distingue parfaitement dans les montagnes de Saint-Patrick, qui dominent la ville, le rempart demi circulaire formé par un trachyte rougeâtre très solide, et au centre, les éléments volcaniques plus modernes, cendres lapilli et lave trachytique poreuse, dont on peut suivre le cours jusqu'à la mer, et dont la pente douce et ménagée contraste avec les arêtes vives et les escarpements du cirque trachytique. C'est sans doute à ce volcan qu'il faudra attribuer les soulèvements circulaires du trachyte ancien. »

ASTRONOMIE. — *Éléments rectifiés de l'orbite parabolique de la comète découverte à Berlin le 27 octobre 1840; par* M. V. MAUVAIS.

Passage au périhélie, novembre 1840, t. m. de Paris.	=	$14^{j},153664$
Log $g = 0,1722639$, d'où distance périhélie......	=	1,48684
Longitude du périhélie......................	=	22° 36′ 18″,3
Longitude du nœud ascendant................	=	248° 40′ 58″,0
Inclinaison.........................	=	58° 16′ 25″,5
Mouvement héliocentrique............	=	Direct.

Excès des positions calculées sur les positions observées, ou erreurs des éléments.

DATES.	ERREURS EN LONGITUDE réduites en arcs de grand cercle.	ERREURS EN LATITUDE.	OBSERVATIONS.
1840.			
27 octobre.	− 2″,3	+ 1″,7	1re obs. de Berlin.
28	0,0	0,0	2e *id.*
6 novembre.	− 2,7	+ 11,8	1re obs. de Paris.
9	+ 13,4	+ 12,0	*Idem.*
13	− 0,1	+ 0,4	*Idem.*
14	+ 3,0	+ 19,0	*Idem.*
17	+ 11,1	+ 4,7	*Idem.*
20	+ 2,7	+ 21,1	*Idem*
25	0,0	+ 0,2	*Idem.*
26	− 15,9	− 7,8	*Idem.*
27	− 2,4	− 8,7	*Idem.*
28	− 2,2	− 6,1	*Idem.*
29	+ 7,3	− 15,2	*Idem.*
30	− 6,6	− 16,4	*Idem.*
5 décembre.	− 13,9	− 15,0	*Idem.*

PHYSIQUE APPLIQUÉE. — *Sur le zinguage par la voie humide.* — Extrait d'une Lettre de M. SOREL.

« Je suis parvenu, au moyen d'un appareil électro-chimique basé sur le principe de la pile à courant constant de Daniel, à fixer sur le fer une couche de zinc plus ou moins épaisse. Le fer ainsi *galvanisé* à froid, est complétement à l'abri de l'oxidation, et le zinc par ce procédé électro-chimique, adhère mieux au fer que par la voie de l'étamage dans un bain de zinc fondu. J'ai réussi également par des procédés analogues à fixer tous les autres métaux en couches plus ou moins épaisses, soit sur du fer, soit sur tout autre corps métallique ou *métallisé.* »

L'Académie nomme MM. Arago, Savary, Pouillet et Babinet pour examiner la théorie des ouragans, des *tornados* que M. ESPY, actuellement à Paris, a imaginée.

La famille de M. Littrow annonce la mort de ce savant, décédé à Vienne dans sa soixantième année, le 30 novembre 1840.

M. Fabre, commandant de *la Recherche*, adresse copie d'une carte française du Spitzberg, dans laquelle sont indiquées les positions des vaisseaux français envoyés dans ces mers en 1693, pour s'emparer des baleiniers hollandais, et celle des bâtiments pêcheurs eux-mêmes. Il résulte de ces indications qu'à la fin du XVII^e siècle les côtes du Spitzberg étaient beaucoup plus libres de glaces qu'elles ne le sont aujourd'hui, plus aussi qu'elles ne l'étaient en 1773, à l'époque de l'expédition du capitaine Phipps, depuis lord Mulgrave.

M. de Tessan demande à être autorisé à retirer les deux Mémoires de physique générale qu'il avait présentés dans les mois de septembre et de novembre 1840.

Ces Mémoires n'ayant pas encore été l'objet d'un rapport, l'Académie accorde l'autorisation demandée.

M. Millet demande une autorisation semblable pour quelques-uns des documents qu'il avait présentés à l'appui de ses expériences sur la conservation et la coloration des bois.

(Renvoi à la Commission qui a fait le rapport sur les divers procédés relatifs à la conservation des bois.)

MÉTÉOROLOGIE. — M. Chasles écrit de Chartres, à M. *Arago*, qu'il a aperçu le 30 novembre, à 7 heures du soir, en regardant le nord-est, une étoile filante qui, après avoir décrit *une courbe* de l'ouest à l'est, *a éclaté* et répandu une lueur vive, comme une chandelle romaine.

M. Jobard adresse de Bruxelles une Note sur l'explosion d'une chaudière à vapeur, qui a eu lieu dans une distillerie de M. de Marotte, à Vieux-Waleffe, province de Liége. Les ravages qu'on dit avoir été produits par l'explosion de cette machine, de la force de huit chevaux seulement, dépassent tellement les effets ordinaires, qu'il a paru convenable d'attendre la relation officielle avant d'entrer dans aucun détail sur cet évènement.

M. de Paravey écrit pour faire remarquer qu'un préjugé singulier, relatif à l'influence du tonnerre sur la production des truffes, a existé à la fois dans les temps anciens, d'une part chez les Grecs et les Romains, de l'autre

chez les Arabes et chez les Chinois. M. de Paravey insiste sur cette coïncidence comme tendant à prouver que c'est d'un même pays que la Chine et la Grèce ont reçu leur civilisation.

L'Académie accepte le dépôt de trois *paquets cachetés*, dont deux sont présentés par M. **J. Guérin**, et le troisième par M. **Fermont**.

A 4 heures $\frac{3}{4}$ l'Académie se forme en comité secret.

La séance est levée à 5 heures $\frac{1}{2}$. A.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

L'Académie a reçu dans cette séance les ouvrages dont voici les titres :

Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie royale des Sciences; 2ᵉ semestre 1840, nº 23, in-4º.

Bulletin de l'Académie royale de Médecine; tome 6, nº 5, in-8º.

Journal de la Société de Médecine pratique de Montpellier; déc. 1840, in-8º.

Journal des Connaissances médico-chirurgicales; décembre 1840, in-8º.

Revue progressive d'Agriculture, de Jardinage, etc.; décembre 1840, in-8º.

A descriptive.... *Catalogue descriptif de la Collection chinoise de Philadelphie*; Philadelphie, 1 vol. in-8º.

Annalen.... *Annales de Chimie et de Physique; par* M. POGGENDORFF; Leipzic, 1840, nº 7, in-8º.

Bericht ueber.... *Analyse des Mémoires lus à l'Académie des Sciences de Berlin et destinés à la publication*; août, septembre et octobre 1840, in-8º.

Gazette médicale de Paris; nº 50, in-4º.

Gazette des Hôpitaux; nºˢ 145 et 146, in-fol.

L'Expérience, journal; nº 180.

COMPTE RENDU

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 21 DÉCEMBRE 1840.

PRÉSIDENCE DE M. PONCELET.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

L'Académie devant se former de bonne heure en comité secret, M. Biot demande à énoncer seulement le titre d'un travail qu'il se proposait de soumettre à l'Académie, et dont il remet la présentation à la prochaine séance.

Ce travail est intitulé : *Sur l'emploi des caractères optiques comme diagnostic immédiat du diabète sucré.*

CHIMIE. — *Recherches sur le véritable poids atomique du carbone; par* MM. J. Dumas *et* Stass. (Extrait.)

« Quand on combine les corps entre eux, quand on déplace un corps par un autre, on observe certains rapports numériques qui forment la base de la chimie moderne. L'existence de ces rapports, reconnue par Wenzel, généralisée par Richter, a servi de point de départ à la théorie atomique de Dalton et a reçu des travaux de M. Berzélius une consécration nouvelle. La précision bien connue de l'illustre chimiste suédois pouvait porter à croire même que ces sortes de rapports étaient déterminés

d'une manière plus que suffisante aux besoins et aux progrès de la science, au moins en ce qui concerne les corps les plus usuels, les plus importants.

» Nous venons montrer, cependant, qu'il existait une erreur de 2 pour 100 environ sur la détermination de la quantité de charbon qui exprime le rapport d'après lequel le charbon s'unit aux autres corps de la nature. Cette erreur, l'une des plus graves, il faut l'espérer, qu'il y ait à corriger dans les tables admises par les chimistes, cette erreur ne laisse néanmoins aucun doute sur la nécessité de réviser avec soin tous les autres nombres relatifs aux corps simples. Si ces nombres étaient aussi exacts que l'on pense, il y a long-temps que l'erreur relative au charbon aurait été aperçue et signalée, car elle se serait manifestée non-seulement dans les analyses qu'on fait chaque jour, mais surtout dans celles que M. Berzélius a récemment exécutées avec tant de soin et desquelles il a conclu qu'il fallait conserver le nombre précédemment admis pour le charbon.

» En fait, la question peut être ramenée à la forme la plus simple, car elle consiste à demander si, dans la production de l'acide carbonique, par exemple, l'oxigène et le carbone s'unissent dans le rapport de 800 d'oxigène et 306 de carbone, comme l'a admis M. Berzélius, ou bien dans le rapport de 800 à 300, comme nous l'admettons.

» Rien de plus facile à résoudre qu'un pareil problème en apparence. Et pourtant, lorsque l'on songe à toutes les conséquences qui en découlent, on hésite malgré soi, on craint d'avoir omis quelque précaution, on se défie de ses appareils, de ses produits, et voilà comment, pour une expérience qui semble si simple, nous avons dû nous livrer à un travail qui a duré plusieurs mois, et nous avons été conduits à la répéter un si grand nombre de fois et sous tant de formes, qu'à coup sûr on n'a jamais rien fait de pareil pour une détermination de cette espèce.

» Mais ces précautions ne sembleront pas inutiles, si l'on songe que beaucoup de formules admises en chimie organique vont se trouver profondément modifiées par ce seul changement; il est facile de le comprendre.

» Qu'un chimiste ait trouvé dans une analyse que 100 parties d'une substance quelconque lui ont fourni 3614 parties d'acide carbonique, il en conclura, s'il adopte les nombres de M. Berzélius, que la substance analysée est du charbon pur. Or cette substance contiendra au moins $1\frac{1}{2}$ pour 100 d'oxigène, d'hydrogène ou de tout autre corps. Cette erreur a nécessairement été commise dans les analyses d'anthracites et de houilles récemment publiées.

» Que, dans une analyse comme celle de la Cholestérine, on trouve 85 de carbone, 12 d'hydrogène et 3 d'oxigène, en calculant d'après M. Berzélius; on ne trouvera plus aujourd'hui que 83 de carbone. Or si l'on n'est pas frappé de l'importance d'un changement qui ramène 85 de carbone à 83, ce qui fait une modification d'une cinquantième, il devient facile de comprendre combien ce changement est grave quand on voit que tout ce qu'on ôte au charbon doit être ajouté à l'oxigène, ce qui porte l'oxigène de 3 à 4,5 environ, changement qui s'élève à la moitié du poids de cet élément si essentiel.

» Ainsi, tel corps qui était censé exempt d'oxigène va en contenir; dans tel autre la proportion d'oxigène va doubler ou augmenter au moins dans un rapport tel que les formules admises en soient complétement changées.

» C'est par cette diminution du carbone et cette augmentation de l'oxigène que l'on s'expliquera comment les analyses des corps gras, exécutées avec tant de soin par M. Chevreul et si dignes de la vénération des chimistes, demeurent généralement exactes, nous nous en sommes assurés, quoique les formules qui les représentent doivent, en certains cas, être changées.

» Certains alcalis organiques, plusieurs huiles volatiles, beaucoup de résines, quelques matières animales neutres, vont éprouver des changements analogues, fondés sur les mêmes motifs. Nous ferons connaître dans d'autres Mémoires les résultats auxquels nous sommes arrivés sur ces divers points, si toutefois nous ne sommes prévenus à cet égard.

» Ce qui nous arrête en ce moment, c'est la crainte de remplacer des formules fausses par des formules incertaines. Or rien de plus funeste aux progrès réels de la chimie organique.

» Comme l'Académie a été souvent entretenue des phénomènes de substitution, elle mettra quelque intérêt à apprendre que c'est l'étude attentive de ces phénomènes qui a conduit à découvrir et à constater l'erreur qui nous occupe. Les formules déduites pour certains corps de l'ancienne valeur attribuée au carbone par M. Berzélius ne s'accordaient pas avec les lois de substitution. Il fallait que ces lois fussent fausses ou que la valeur adoptée par M. Berzélius fût elle-même inexacte. Une fois la question ainsi posée, c'était un devoir de conscience pour nous que de chercher tous les moyens de la résoudre, et nous n'avons rien négligé pour en rendre la solution irréprochable.

» En effet, quand on soumet à l'analyse certains corps très riches en carbone, comme le sont les carbures d'hydrogène liquides ou solides sur

lesquels on a cherché à approfondir l'étude des phénomènes de substitution, il se présente des circonstances qui paraissaient fort étranges.

» Tout le monde sait que ce qu'on appelle l'analyse d'une substance organique consiste, comme l'ont montré MM. Gay-Lussac et Thenard, en sa combustion totale, c'est-à-dire en sa transformation en eau et en acide carbonique. L'opérateur connaît donc par sa propre expérience le poids de la matière qu'il étudie et le poids de l'eau ou de l'acide carbonique qu'elle fournit. De ces derniers il déduit le charbon et l'hydrogène, en se fondant sur la composition de l'eau et de l'acide carbonique lui-même.

» Or, quand on fait la somme du carbone et de l'hydrogène que ces carbures d'hydrogène renferment, on trouve, en partant des analyses de l'eau et de l'acide carbonique données par M. Berzélius, que cette somme excède de beaucoup le poids de la matière elle-même.

» Ainsi 100 parties de naphtaline fournissent 95,5 de carbone et 6,1 d'hydrogène, ce qui fait en tout 101,6.

» Ainsi 100 parties de benzine seraient formées de 93,5 de carbone et 7,7 d'hydrogène, qui feraient en tout 101,2.

» De tels résultats étaient absurdes, mais on pouvait en chercher l'explication : 1° dans la méthode d'analyse qui aurait été vicieuse ; 2° dans l'analyse de l'eau qui aurait été inexacte ; 3° dans celle de l'acide carbonique qui pouvait l'être aussi.

» En tous cas, il était impossible d'accorder la moindre confiance aux analyses de tels corps ou de leurs dérivés, des écarts aussi graves étant capables de troubler toutes les formules.

» Dans un Rapport fait à l'Académie au nom d'une Commission chargée d'examiner un Mémoire relatif aux huiles de résine que MM. Pelletier et Walter lui avaient soumis, l'un de nous proposa de considérer ces écarts comme dus à une erreur dans la détermination des éléments de l'acide carbonique ; cette opinion était parfaitement juste.

» En effet, veut-on attribuer l'excès de poids que donne l'analyse à la méthode employée pour l'exécuter, on n'a qu'à la faire par d'autres moyens, qu'à perfectionner ceux qu'on met habituellement en usage, et l'on se convaincra bientôt que, loin d'atténuer l'erreur, ces nouveaux soins ne font que l'exagérer encore.

» Relativement au carbone, les carbures d'hydrogène dont il est question, quand on parvient à les brûler d'une manière complète, fournissent toujours la même quantité d'acide carbonique, quel que soit le procédé. Dans les

analyses ordinaires on en perd toujours par des raisons qui seront discutées plus loin.

» Il en est de même de leur hydrogène; on a beau varier et multiplier les expériences, on retombe toujours sur les mêmes chiffres pour la quantité d'eau que leur combustion produit.

» Ce n'est donc pas la méthode d'analyse qu'il faut accuser de cet excès; s'il y a quelques reproches à lui faire, ils sont en sens opposé.

» Mais, à la rigueur, la composition de l'eau pouvait être mal établie. Nous avons fait à cet égard des expériences directes, et elles sont pleinement rassurantes. La composition de l'eau, telle qu'elle est donnée par les expériences de MM. Dulong et Berzélius, sans être parfaitement exacte, ne recevra de nos propres expériences qu'une modification insignifiante pour la question qui nous occupe.

» Restait donc la composition de l'acide carbonique, qu'il fallait soumettre à une vérification attentive, et là, nous devons le dire, tous nos résultats, sans en excepter un seul, se sont accordés pour accuser une erreur grave, seule cause des discordances signalées plus haut.

» Sur ces entrefaites, M. Berzélius, comprenant toute la portée du changement que l'un de nous avait proposé relativement à la composition de l'acide carbonique, s'était empressé de faire de nouvelles expériences sur cet objet.

» Au lieu de chercher directement dans quel rapport le carbone s'unit à l'oxigène, M. Berzélius a préféré faire l'analyse du carbonate et de l'oxalate de plomb. Or, en admettant que ces nouvelles analyses fussent exactes, la seule conséquence qu'il serait permis d'en tirer maintenant, c'est que la composition de l'oxide de plomb, sur laquelle ces analyses se fondent, serait elle-même mal connue.

» Il faut, du reste, que toutes ces questions soient éclaircies, et nous ne reculerons devant aucune des expériences pénibles et nombreuses auxquelles nous oblige cette nécessité de réviser les principales analyses, celles qui servent de base à toutes nos spéculations.

» Ainsi procèdent les théories, et telle est leur utilité dans l'étude des sciences. Leurs adversaires peuvent se contenter de mettre les faits en doute; il leur suffit de dire qu'ils n'admettent pas les conséquences qu'on en tire; il leur est permis de rester dans un rôle tout passif. Les partisans des théories ont à remplir une tout autre tâche : c'est à eux à prouver leurs opinions par des faits, à contrôler les faits sur lesquels ils s'appuyaient d'abord, par des faits plus évidents encore. On a trouvé, il y a quelques

années, que le chlore, en agissant sur les composés organiques, leur enlève de l'hydrogène, et qu'il en prend la place volume à volume. Pour que cette règle puisse s'appliquer à la naphtaline ou à la benzine, il faut que le premier de ces corps, par exemple, renferme 94 de carbone et 6 d'hydrogène, tandis que l'analyse directe donne 95,5 de carbone. Les adversaires de la théorie des substitutions n'ont pas manqué d'en conclure, avec une grande apparence de raison, qu'il fallait repousser une théorie qui obligeait à admettre qu'un corps où l'on trouvait 95,5 de carbone n'en renfermait que 94, et cela leur a paru suffisant. Nous, au contraire, parfaitement convaincus que la règle des substitutions est une loi de la nature, nous n'avons pas hésité à chercher la cause de ces discordances, là où elle résidait, dans l'analyse de l'acide carbonique, et l'expérience nous a donné raison.

» Cette épreuve était décisive; car, outre qu'elle avait pour garants MM. Berzélius et Dulong, l'analyse de l'acide carbonique n'est pas un fait isolé dans la science. Elle est d'accord avec les densités de l'acide carbonique et de l'oxigène; elle se lie aux densités de l'azote et de l'air; elle tient de près à la densité de tous les gaz carburés, c'est-à-dire que les densités admises pour la plupart des gaz connus devront être modifiées par ce seul fait, que l'analyse de l'acide carbonique est inexacte, si tant est pourtant que la loi de Mariotte soit vraie; car, en admettant les expériences de M. Despretz sur ce sujet, les gaz étant inégalement condensables par les mêmes pressions, il en résulterait que leurs densités ne sont plus en relation directe avec leur composition chimique, et dès-lors il faudrait renoncer à toutes les densités de gaz déterminées par le calcul, pour s'en tenir à celles que donne l'expérience.

» Tout le monde comprendra quels soins minutieux, quelle religieuse attention nous avons portés dans une expérience aussi capitale, aussi décisive.

» Il fallait renoncer à la théorie des substitutions; voir dans ses conséquences si logiques et si bien confirmées par l'expérience une série de hasards ou d'erreurs sans exemple dans les sciences; il fallait oublier tout ce passé et fermer les yeux à l'avenir que ces idées nouvelles ouvraient devant nous.

» Ou bien il fallait admettre que MM. Berzélius et Dulong s'étaient trompés dans l'analyse de l'acide carbonique; qu'il y avait erreur dans les densités de l'oxigène et de l'acide carbonique ou dans l'application trop générale de la loi de Mariotte. Il fallait supposer que presque toutes les

analyses organiques étaient fausses et qu'elles n'avaient conduit à des formules vraies que par des compensations d'erreurs. Il n'était plus permis, enfin, de croire à cette précision de $\frac{1}{8000}$ que M. Berzélius estime avoir obtenue dans l'étude des rapports suivant lesquels se combinent les principaux corps de la nature, car ces rapports tels qu'il les a donnés se trouveraient d'accord avec la détermination relative au carbone qui, elle-même, offrirait une erreur de $\frac{1}{50}$.

» Ainsi, répudier la théorie des substitutions ou bien mettre en doute les principaux éléments de l'étude physique des gaz ainsi que les bases sur lesquelles se fondent toutes nos tables atomiques, telle est l'alternative grave où nous étions placés.

» Elle expliquera pourquoi la méthode que nous avons préférée est telle qu'elle n'a besoin de s'appuyer sur aucune détermination numérique indépendante de l'expérience elle-même.

» Jusqu'ici on s'était plus particulièrement appuyé sur des méthodes indirectes pour obtenir le rapport suivant lequel l'oxigène et le carbone se combinent. Tantôt on l'avait emprunté à l'analyse des carbonates, tantôt à la comparaison des densités de l'oxigène et de l'acide carbonique. Dans le premier cas on était exposé à opérer sur des carbonates impurs, car rien n'est plus difficile que de se procurer ces sortes de sels purs et secs, et l'on était forcé de considérer comme absolument exactes les analyses de leurs oxides. Dans le second cas on avait à redouter des difficultés de tout genre, qui sans parler de l'incertitude qui règne sur la loi de Mariotte et sur le véritable coefficient de dilatation des gaz, tiennent à l'impureté des gaz, à l'incertitude que laisse l'observation de leur température, à l'état hygrométrique du verre des ballons qui les renferment, etc. Nous avons préféré une méthode plus simple et plus directe.

» Nous avons brûlé un poids connu de charbon pur dans l'oxigène, et nous avons pesé l'acide carbonique ainsi formé. Nous avons fait trois séries d'expériences : la première sur du graphite naturel provenant de la collection du Jardin-du-Roi ; la seconde sur du graphite artificiel extrait d'une masse ferrugineuse provenant d'un haut-fourneau ; la troisième sur du diamant.

» Le graphite le plus pur en apparence exige un traitement long et compliqué, si l'on veut le débarrasser de tout corps oxidable. Voici la marche qui nous a semblé la meilleure.

» Pour le débarrasser des matières terreuses, on le chauffe au rouge avec de la potasse ; on délaie la masse dans l'eau et on lave largement le

graphite restant. On le fait bouillir ensuite dans l'acide nitrique et l'eau régale, pour en extraire le fer et les bases. Enfin, on expose ce graphite à l'action d'un courant de chlore sec et à une chaleur presque blanche pendant douze ou quinze heures. On est étonné que des produits qui ont long-temps bouilli avec l'eau régale soient encore propres à dégager par ce moyen du chlorure de fer pendant des heures entières. C'est pourtant ce qui arrive.

» Ainsi préparé, le graphite renferme encore çà et là des grains sableux parfaitement incolores, dont il faut tenir compte en les pesant après la combustion. En outre, les divers agents employés ayant corrodé les lamelles de graphite, celles-ci sont devenues propres à condenser de l'air ou de l'humidité. Il faut rougir la matière avant chaque pesée et la laisser refroidir sous une cloche à côté d'un vase renfermant de l'acide sulfurique. Cette pesée exige beaucoup d'attention; c'est surtout pour écarter les causes d'erreurs inséparables de cette opération en apparence si simple, que nous avons pris le parti de brûler du diamant.

» Mais nous ne pouvions plus nous borner, comme l'ont fait tous ceux qui se sont occupés de la combustion du diamant, à brûler quelques parcelles de cette matière si précieuse. Ils avaient tous cherché ce que devenait en volume le gaz oxigène converti en acide carbonique par la combustion du diamant, ce qui revient à comparer les densités respectives de l'acide carbonique et de l'oxigène.

» Nous voulions déterminer au contraire combien un poids connu de diamant donne d'acide carbonique en poids; cette méthode simple et absolue était la seule qui pût nous conduire à la découverte du véritable rapport que nous cherchions.

» Ainsi comprise, cette expérience exigeait le sacrifice de dix à douze grammes de diamant, c'est-à dire une dépense qui nous faisait hésiter à l'entreprendre, et qui nous a engagés à réserver une portion des diamants que nous voulions brûler pour répéter devant ceux de nos confrères qui y mettront quelque curiosité, nos propres expériences ou les expériences de contrôle qu'ils croiront devoir nous indiquer.

» La complaisance de MM. Halphen, qui nous ont fourni ces diamants au plus bas prix possible, nous a permis d'ailleurs de choisir des échantillons sur des masses, de manière à faire quelques observations accessoires qui réclameraient pour être complétées le concours de quelques personnes plus versées que nous dans l'étude des minéraux et surtout dans leur étude microscopique.

» Tous les diamants que nous avons brûlés ont laissé un résidu, une cendre, si l'on peut s'exprimer ainsi. Ce résidu consiste tantôt en un réseau spongieux d'une teinte jaune rougeâtre, tantôt en parcelles jaune-paille et cristallines; tantôt en fragments incolores et cristallins aussi. Quoique ces résidus aient fait déjà, de notre part, et de celle de M. Élie de Beaumont, l'objet d'un examen attentif, nous ne dirons rien de leur nature avant qu'un examen plus complet encore l'ait mise hors de toute espèce de doute.

» Cette portion du diamant qui n'est pas du carbone pur, ne consiste pas en parcelles adhérentes à la surface des cristaux brûlés ou mêlées avec eux. Nous avons retrouvé les mêmes résidus dans des combustions faites sur des cristaux très gros, bien brossés et bouillis long-temps avec de l'eau régale.

» Ces matières minérales appartiennent donc au cristal lui-même; elles ont été emprisonnées entre ses propres lames au moment de sa formation, et de leur détermination précise ressort, comme conséquence inévitable l'exacte connaissance de la situation géologique des gîtes de diamant, la nature ayant déposé dans les cristaux mêmes de cette belle substance leur certificat d'origine, tant et si vainement cherché.

» La question envisagée ainsi est si digne d'attention, qu'elle n'a pas peu contribué à nous faire mettre en réserve tous les moyens nécessaires pour la traiter à fond. En choisissant et étudiant avec attention les diamants que nous comptons brûler encore, la question peut être parfaitement résolue.

» D'après leur aspect divers et leur nature générale, on pouvait prévoir que ces cendres du diamant varieraient de proportion. Nous en avons au moins 1 partie pour 2000 de diamant et quelquefois 1 partie pour 500. Nous ne doutons pas que les diamants les plus purs, ceux dont la couleur et la transparence ne laissent rien à desirer, ne puissent brûler sans résidu. Mais les diamants bruts ou taillés, que leur plus bas prix nous avait fait choisir, ont tous laissé quelque matière minérale appréciable. Le plus souvent nous avons opéré sur cette classe de diamants réfractaires à la taille que les lapidaires appellent *diamants de nature*, et auxquels on ne peut donner le poli.

» Tant que nous opérions sur le graphite, nous avions fait usage d'un procédé de combustion très simple. Le graphite contenu dans une nacelle de platine était placé au milieu d'un tube en verre très dur d'un mètre de longueur. En arrière se trouvait un mélange d'oxide de cuivre et de chlo-

rate de potasse destiné à fournir l'oxigène; en avant de l'oxide de cuivre pur chauffé fortement et propre par cela même à détruire tout l'oxide de carbone qui aurait pu se produire.

» La combustion était facile par ces moyens, mais la condensation et par suite la pesée exacte de l'acide carbonique formé nous eussent laissé bien des inquiétudes, si nous n'avions eu à notre disposition l'excellent procédé que M. Boussingault applique à l'analyse de l'air et qui permet d'apprécier et de saisir les moindres traces d'acide carbonique ou d'eau. Ce procédé consiste à tamiser les gaz au travers de tubes pleins de petits fragments de pierre ponce, humectée d'acide sulfurique quand il s'agit de retenir l'eau, et de potasse quand on veut s'emparer de l'acide carbonique. Après avoir filtré au travers des pores de la ponce ainsi préparée, les gaz sortent dépouillés d'eau ou d'acide carbonique d'une manière absolue.

» Nos premières expériences sur la combustion du graphite ont été exécutées par cette méthode. Cependant, lorsque nous avons voulu procéder plus tard à la combustion du diamant, nous avons conçu quelques craintes. La température que pouvaient supporter nos tubes de verre suffirait-elle pour brûler le diamant? N'étions-nous pas exposés à perdre quelques-unes de nos expériences par ces défauts si fréquents dans les tubes de verre qui déterminent leur cassure ou leur fusion? étions-nous bien sûrs d'éviter la présence de l'humidité extérieure dans un appareil qu'il fallait disposer à nouveau pour chaque expérience?

» Toutes ces considérations nous ont décidés à faire usage de l'oxigène gazeux passant au travers d'un tube en porcelaine, où la matière charbonneuse était chauffée à l'incandescence. Les dispositions ont été si bien prises, que non-seulement toutes les expériences exécutées comme études préliminaires sur le graphite ont été parfaitement concordantes, mais qu'en outre nous avons eu l'extrême satisfaction de voir réussir, sans le moindre accident, les cinq combustions de diamant que nous avons exécutées.

» Dans cette nouvelle disposition des appareils, le charbon est introduit dans un tube en porcelaine au travers duquel on peut diriger à volonté un courant d'oxigène sec et pur. En sortant de l'appareil, le gaz traverse des condenseurs qui arrêtent l'acide carbonique et qui laissent passer l'excès d'oxigène. Quelques précautions étaient indipensables et elles ont fait l'objet d'un long et minutieux examen.

» Il fallait d'abord que l'oxigène fût entièrement dépouillé d'acide carbonique. A cet effet, on le recueillait dans un lait de chaux et on le faisait arriver dans l'appareil même, en le déplaçant à l'aide de l'eau de

chaux instillée goutte à goutte. En outre le gaz traversait un tube d'un mètre de long et de 3 centimètres de diamètre plein de pierre ponce en gros fragments imbibés de potasse liquide caustique.

» Pour priver le gaz d'eau, on le faisait passer sur des fragments de potasse solide, puis sur des fragments de verre imprégnés d'acide sulfurique et enfin dans un tube de quelques centimètres de long rempli de pierre ponce en grains, humectée d'acide sulfurique bouilli.

» Ces précautions prises, on a pu faire passer pendant quinze heures un courant de gaz rapide au travers de l'appareil, sans que des tubes qu'on y ajoutait et qui étaient propres à absorber l'acide carbonique ou l'eau aient éprouvé la moindre altération de poids, qui fût appréciable à une balance sensible au milligramme.

» Nous étions sûrs, par conséquent, de retrouver les plus légères traces d'eau qui auraient pu se former aux dépens de l'hydrogène appartenant aux matières charbonneuses que nous nous proposions de brûler.

» Restait à s'assurer que nous pourrions recueillir sans perte la totalité de l'acide carbonique qui allait se former. Quelques essais nous ont donné la plus entière conviction que sa condensation pourrait être complète. En ajustant, en effet, au tube où s'effectue la combustion, un condenseur rempli de potasse liquide concentrée, on arrête la plus grande partie de l'acide carbonique, c'est-à-dire les $\frac{99}{100}$ environ. La petite portion qui échappe est, il est vrai, la plus difficile à recueillir, par la raison qu'elle est mélangée avec une grande quantité d'oxigène qui empêche son absorption. Cependant il nous a été facile de nous convaincre qu'en faisant passer le gaz successivement dans cinq tubes en U de 30 à 40 centimètres de long et pleins de pierre ponce humectée de potasse liquide, les trois derniers ne changent pas de poids pendant la durée de l'expérience. L'acide carbonique échappé au condenseur rempli de potasse liquide, s'arrête presque entièrement dans le premier tube en U; le second ne gagne que quelques milligrammes.

» Ainsi, quand le gaz sort du tube en porcelaine où il a servi à brûler le charbon, il suffit de le faire passer dans un tube qui renferme de la ponce humectée d'acide sulfurique, pour arrêter toute l'eau qui se serait formée.

» Quant à l'acide carbonique, il suffit, pour l'arrêter tout entier, d'un condenseur plein de potasse liquide, de deux tubes en U, garnis de ponce alcaline, et d'un tube en U plein d'acide sulfurique destiné à arrêter l'eau que le gaz pourrait emprunter à la potasse elle-même.

» Ces préliminaires arrêtés, nous nous sommes occupés de la combustion elle-même.

» Pour éviter toute production d'oxide de carbone, nous avons ajouté une précaution à toutes celles qui ont été déjà mentionnées. Dans la partie libre du tube en porcelaine où les gaz devaient passer après la combustion du graphite, nous avons placé du cuivre en tournure; puis, chauffant le tube au rouge, nous y avons dirigé pendant seize heures un courant d'air, auquel nous avons fait succéder un courant d'oxigène pendant le même temps. L'oxidation du cuivre étant ainsi bien complète, nous avons procédé à nos combustions, avec la conviction que les moindres traces d'oxide de carbone se convertiraient en acide carbonique par leur passage au travers de cette éponge d'oxide de cuivre incandescent.

» Nous avons même été plus loin, quand il s'est agi de brûler le diamant, car nous avons fait passer les gaz qui sortaient du tube en porcelaine, au travers d'un long tube en verre dur, plein d'oxide de cuivre chauffé au rouge.

» Toutes ces précautions prises, si l'on fait passer quinze ou vingt litres d'oxigène dans l'appareil, les tubes étant incandescents, mais sans mettre ni diamant ni graphite dans le tube en porcelaine, on n'obtient pas la moindre trace d'eau ou de gaz carbonique dans les condenseurs.

» Bien entendu qu'après avoir fait ainsi circuler dans l'appareil de l'oxigène, il faut y faire circuler de l'air avec les mêmes précautions. Les tubes demeurant pleins d'oxigène et leurs liqueurs en étant saturées, ils auraient gagné un excès de poids qu'ils perdent après le passage de l'air pour revenir à leur poids primitif. Cette précaution a été prise dans toutes les expériences.

» L'appareil ainsi disposé et éprouvé, on ouvre un des bouts du tube en porcelaine; on y pousse la nacelle chargée de la matière à brûler, on referme et l'on commence l'expérience.

» A peine rouge, le graphite naturel de Ceylan sur lequel nous avons opéré brûle avec éclat. L'oxigène qui passe est converti presque en entier en acide carbonique, tant qu'il reste du graphite dans la nacelle.

» Il n'en est pas ainsi du graphite artificiel, sa combustion est bien plus difficile; il passe pendant toute la durée de l'expérience un mélange d'oxigène et d'acide carbonique où l'oxigène libre abonde.

» D'ailleurs ces deux variétés de graphite donnent les mêmes résultats.

» Et d'abord elles ne renferment ni l'une ni l'autre aucune trace appréciable d'hydrogène. Il est arrivé souvent que les tubes destinés à conden-

ser l'eau n'ont pas varié de poids; quelquefois ils avaient gagné un milligramme.

» Le graphite naturel ou artificiel ne contient donc pas d'hydrogène.

» Quant au carbone, on va comprendre par un exemple combien est grande l'erreur que nous avions à corriger.

» Dans une expérience où l'on a brûlé 1471 de graphite artificiel on a recueilli 5395 d'acide carbonique. Si d'après M. Berzélius on calcule combien cet acide carbonique représente de carbone, on trouve 1491. Il faudrait donc admettre qu'on s'est trompé de 20 milligrammes en pesant le graphite avec une balance qui apprécie le quart de milligramme. Si l'on cherche d'un autre côté combien les 1471 de graphite auraient dû fournir d'acide carbonique d'après M. Berzélius, on trouve 5315, c'est-à-dire 80 milligrammes de moins que nous n'en avons obtenu. Or il nous est impossible d'admettre une erreur sur cette pesée qui aille au-delà d'un ou deux milligrammes.

» D'après nos expériences sur la combustion du graphite tant naturel qu'artificiel, 800 parties d'oxigène se combinent avec 300 de carbone pour former 1100 d'acide carbonique. C'est donc 8 d'oxigène pour 3 de carbone.

» Si nous voulions suivre l'usage établi, nous pourrions, prenant la moyenne des neuf expériences que nous avons faites sur la combustion du graphite, dire que le rapport exact n'est pas de 8 à 3, mais bien de 800 à 299,93.

» Nous avons déjà dit d'où vient que le rapport entre l'oxigène et le carbone qui s'unissent étant réellement de 8 à 3, on ne l'obtienne pourtant pas d'une manière absolue au moyen du graphite; c'est que le graphite est très difficile à peser d'une manière correcte. Si on le pèse chaud, il ne renferme pas d'air, mais la balance est entraînée par les courants d'air que la matière excite. Si on le pèse froid, il retient deux ou trois milligrammes d'air ou d'humidité. Nous avons cherché toutes les façons d'éluder cette difficulté, sans être pleinement satisfaits.

» Comme le diamant n'est pas poreux, il nous a permis de l'écarter de nos expériences et nous avons pu obtenir une sûreté dans les résultats que le graphite ne nous donnait pas au même degré. Aussi, sur cinq combustions de diamant y en a-t-il trois qui donnent le rapport expérimental de 8000 à 3000 pour l'oxigène et le carbone. Les deux autres s'en écartent à peine.

» La première fois que nous avons brûlé du diamant nous l'avions fait peser par une personne étrangère à nos expériences, nous ignorions son poids. Nous avions agi sur des éclats de diamant, autant pour essayer les appareils que pour faire, une expérience précise. La combustion finie, nous avions trouvé 2598 d'acide carbonique et nous en avions conclu que le diamant brûlé pesait 708 milligrammes. A cet énoncé la personne qui avait pesé le diamant fut déconcertée, elle en avait mis 717 milligrammes dans la nacelle. Nous lui annonçâmes aussitôt qu'elle trouverait 9 milligrammes de résidu dans la nacelle et celle-ci contenait en effet 9 milligrammes de fragments de topaze du Brésil.

» C'est pour éviter ces mélanges accidentels que dans les autres expériences nous avons toujours opéré sur des cristaux volumineux et parfaitement reconnus comme diamant par M. Halphen. Aussi cet accident ne s'est-il plus présenté.

» Mais dans notre première expérience, nous avions été surpris de l'extrême facilité avec laquelle le diamant brûlait: le diamant se montrait bien plus combustible que le graphite artificiel. Nous pensions que cela pouvait dépendre de la division des petits éclats employés, nous nous étions trompés.

» En brûlant quatre ou cinq gros cristaux, la formation de l'acide carbonique est si rapide que tout l'oxigène est converti en acide carbonique. Dans les mêmes circonstances le graphite artificiel laisserait passer au moins le tiers de l'oxigène sans le brûler.

» Cette combustibilité facile du diamant nous a beaucoup préoccupés. Le graphite artificiel que nous lui comparions avait, il est vrai, supporté toute la chaleur d'un haut-fourneau, mais personne n'aurait deviné qn'il dût résister à la combinaison plus que le diamant lui-même.

» Cette circonstance a réveillé les doutes relatifs à la présence de l'hydrogène dans le diamant.

» Quelques-unes de nos expériences ont été dirigées très particulièrement vers ce point, et nous pouvons affirmer de la manière la plus formelle que la quantité d'eau qui proviendrait de la combustion de 1500 milligrammes de diamant n'est pas appréciable à une balance qui accuse très aisément le milligramme. Le diamant ne peut donc pas contenir $\frac{1}{12000}$ d'hydrogène.

» Du reste, en pesant le diamant et l'acide carbonique qui en provient, nous trouvons par l'expérience que l'oxigène et le carbone se combinent

dans les rapports de

8 : 3,
80 : 30,
800 : 300,
8000 : 3000.

» Jusque là on est dans les limites de l'expérience, sans sortir des rapports simples; mais un chiffre de plus donne

80000 : 30002.

» Gardons-nous toutefois de substituer ce rapport plus compliqué à l'autre, car à cette limite nous ne pouvons plus répondre des pesées, soit du diamant, soit de l'acide carbonique lui-même.

» Voici du reste la table de toutes nos expériences :

Combustion du graphite naturel.

Graphite employé.	Acide carbonique obtenu.	Rapport entre l'oxigène et le carbone.
gr.	gr.	
1,000	3,671	800 : 299,5
0,998	3,660	800 : 300,5
0,994	3,645	800 : 299,9
1,216	4,461	800 : 299,8
1,471	5,395	800 : 299,9

Combustion du graphite artificiel.

gr.	gr.	
0,992	3,642	800 : 299,5
0,998	3,662	800 : 299,7
1,660	6,085	800 : 300,1
1,465	5,365	800 : 300,5
	Moyenne...	800 : 299,93
	Atome.....	74,982

Combustion du diamant.

gr.	gr.	
0,708	2,598	800 : 299,7
0,864	3,1675	800 : 300,0
1,219	4,465	800 : 300,4
1,232	4,519	800 : 300,0
1,375	5,041	800 : 300,0
	Moyenne...	800 : 300,02
	Atome.....	75,005

» En tenant compte dans la pesée du diamant du poids de l'air qu'il déplace, et dans celle de l'acide carbonique condensé de l'air qu'il déplace aussi, ces rapports ne sont pas altérés.

» Comme l'oxigène s'unit manifestement au carbone dans le rapport de 8 : 3, ce serait peut-être le cas de discuter ici la réalité de la loi énoncée par le docteur Prout. L'habile chimiste anglais admet que les rapports d'après lesquels les corps simples se combinent entre eux, sont exprimés par des nombres qui sont tous des multiples de l'hydrogène par un nombre entier.

» Ainsi, 1 partie d'hydrogène se combinerait avec 8 parties d'oxigène pour former l'eau, et avec 3 de carbone pour former l'hydrogène carboné des marais. Nos expériences confirment pleinement cette remarque, sur laquelle nous reviendrons, quand des recherches plus étendues nous auront éclairés sur les limites dans lesquelles il faut en faire usage.

» En présentant à l'Académie nos résultats relativement à la combustion du carbone, nous aurions voulu lui faire connaître aussi nos recherches sur la densité de l'acide carbonique et dé l'oxigène. Le retard que nous sommes forcés d'apporter à cette communication n'a pas besoin d'explication pour les personnes qui connaissent les difficultés de ce genre d'expériences; nous espérons toutefois les avoir surmontées, comme on le verra bientôt.

» Il résulte de ce qui précède que les carbures d'hydrogène formulés par la théorie des substitutions doivent conserver leurs formules; mais il en résulte aussi nécessairement que leurs analyses pondérales étaient fausses quand elles s'accordaient avec ces mêmes formules.

» Voici, en effet, comment les choses se passaient. M. Berzélius ayant admis que l'acide carbonique renferme plus de carbone qu'il n'y en a réellement, on aurait, dans la plupart des cas, manqué la vraie formule des corps, si l'on n'eût perdu dans l'analyse le carbone qu'on trouvait de trop dans le calcul.

» Cette perte de carbone se faisait de quatre manières différentes, et il serait même surprenant qu'on ne les eût pas remarquées, si la compensation qu'on vient d'indiquer n'eût pas fermé les yeux des chimistes sur ce point.

» Quand on fait une analyse organique, on brûle la matière à l'aide de l'oxide de cuivre. On recueille l'eau formée au moyen du chlorure de calcium, et l'acide carbonique à l'aide d'une dissolution aqueuse de potasse, puis on fait passer un peu d'air dans les tubes pour faire arriver toute l'eau et tout l'acide carbonique dans leurs condenseurs respectifs.

» On perd du charbon dans ce procédé :

» 1°. Parce que, quelque soin qu'on prenne, il s'en dépose çà et là dans les tubes, qui, faute d'oxigène, ne se brûle pas;

» 2°. Parce que le cuivre réduit se convertit en partie en carbure de cuivre;

» 3°. Parce que la potasse liquide laisse échapper une partie de l'acide carbonique;

» 4°. Parce que l'air qu'on fait circuler dans l'appareil enlève de l'eau à cette potasse et diminue son poids.

» Voilà comment il se fait que l'erreur sur la composition de l'acide soit demeurée si long-temps inaperçue. On perdait d'un côté ce qu'on ajoutait par le calcul de l'autre, et les analyses semblaient excellentes, alors qu'elles étaient réellement très fautives.

» Pour que l'analyse organique s'élève à toute la précision qu'exigent les recherches qui lui restent à accomplir, il faut donc modifier profondément ses méthodes. Nous sommes parvenus à des résultats rigoureux et toujours constants par le procédé suivant :

» 1°. Nous triplons au moins la quantité de matière employée ordinairement;

» 2°. Quand l'analyse est terminée nous faisons passer dans le tube une grande quantité d'oxigène, de manière à brûler tout le charbon déposé et à réoxider tout le cuivre, ce qui débarrasse du carbure de cuivre;

» 3°. Pour recueillir l'eau, nous employons un tube à chlorure de calcium, accompagné d'un tube de ponce chargée d'acide sulfurique;

» 4°. Pour absorber l'acide carbonique nous nous servons d'un appareil à potasse liquide, suivi d'un tube contenant de la potasse alcalisée d'un côté et de la potasse sèche de l'autre; la potasse sèche arrête l'eau dont le gaz se serait chargé.

» Bien entendu qu'après avoir dégagé l'oxigène, on fait passer dans l'appareil de l'air sec et pur pour le débarrasser de l'atmosphère d'oxigène qui augmenterait le poids des tubes.

» En faisant par ce procédé, qui est d'une précision absolue, l'analyse de la même matière, on retombe toujours sur les mêmes nombres à de si légères différences près, qu'on est bien loin d'avoir jamais obtenu une précision pareille.

» Quelques exemples montreront, d'ailleurs, combien étaient graves les erreurs commises dans les anciennes analyses.

» On trouvait dans la naphtaline 94 de carbone, nous en avons trouvé 95,5;

» La benzine, qui avait fourni 92,3 de carbone, nous en a donné 93,5;

» Le camphre, qui en contenait 79,2, nous en a donné 80,2;

» L'acide benzoïque, où l'on en a trouvé 69,2, nous en a fourni 69,98;

» Et ainsi de suite de tous les corps bien purs et bien définis que nous avons analysés.

» En faisant avec précision l'analyse d'un composé organique quelconque, on trouverait donc entre le calcul et l'analyse un complet désaccord, si l'on prenait pour bonne la composition de l'acide carbonique admise par M. Berzélius. Ce désaccord cesse dès qu'on emploie les résultats cités plus haut pour la composition de l'acide carbonique.

» Du reste, par la méthode d'analyse que nous venons d'esquisser, la détermination de l'hydrogène acquiert une précision si extraordinaire, qu'on peut presque toujours en regarder le chiffre comme absolument exact.

» Les deux objets que nous nous étions proposés sont donc atteints. Nous sommes certains de la composition de l'acide carbonique dans des limites étendues bien au-delà de ce qu'exigent nos recherches les plus délicates. Nous possédons un procédé qui permet de faire les analyses organiques avec une précision absolue.

» Reste à parcourir le champ nouveau que ces recherches ouvrent à nos études; nous allons le faire avec toute l'ardeur qu'inspire la certitude d'être utile aux progrès de la science et avec toute la réserve néanmoins qu'impose la gravité des questions auxquelles nous sommes appelés à mettre la main, et qui sont sans contredit des plus sérieuses que la philosophie naturelle puisse atteindre, car elles touchent à la vraie nature des corps réputés simples. »

CALCUL INTÉGRAL. — *Sur les intégrales multiples; par* M. AUGUSTIN CAUCHY.

« Parmi les méthodes qui peuvent être employées à la détermination des intégrales simples ou multiples, l'une des plus fécondes est celle que j'ai appliquée à la détermination et à la transformation des intégrales simples dans la première partie d'un Mémoire présenté à l'Institut le 2 janvier 1815. Cette méthode consiste à remplacer, dans une intégrale donnée,

relative à certaines variables x, y, z,..., un facteur de la fonction sous le signe $\int$ par une intégrale définie, choisie de manière qu'après ce remplacement les intégrations relatives aux variables x, y, z,... puissent être facilement effectuées. On doit surtout remarquer le cas où l'un des facteurs de la fonction sous le signe $\int$ est une puissance négative d'une autre fonction. Souvent alors, pour rendre exécutables les intégrations relatives à x, y, z,..., il suffit de remplacer les puissances négatives dont il s'agit par une intégrale eulérienne de première espèce. Entrons à ce sujet dans quelques détails.

» Considérons une intégrale multiple 8 de la forme

$$(1) \qquad 8 = \iiint \ldots \frac{P}{Q^s} dx dy dz \ldots,$$

P, Q étant des fonctions réelles ou imaginaires des variables x, y, z,..., et s une constante positive, ou même une constante imaginaire dont la partie réelle soit positive. Désignons d'ailleurs par $\Gamma(s)$, avec M. Legendre, l'intégrale eulérienne de première espèce

$$\int_0^\infty t^{s-1} e^{-t} dt.$$

Si la fonction Q, ou du moins sa partie réelle, reste toujours positive entre les limites des intégrations relatives aux variables x, y, z,..., on aura

$$\frac{1}{Q^s} = \frac{1}{\Gamma(s)} \int_0^\infty t^{s-1} e^{-Qt} dt,$$

et par suite

$$(2) \qquad 8 = \frac{1}{\Gamma(s)} \int_0^\infty \iiint \ldots t^{s-1} P e^{-Qt} \ldots dx dy dz \ldots dt.$$

Concevons maintenant que, $P_{,}$ et $Q_{,}$ étant des fonctions de la seule variable x; $P_{,,}$ et $Q_{,,}$ des fonctions de la seule variable y; $P_{,,,}$ et $Q_{,,,}$ des fonctions de la seule variable z,..., on ait

$$(3) \qquad P = P_{,} P_{,,} P_{,,,} \ldots, \quad \text{et} \quad Q = Q_{,} + Q_{,,} + Q_{,,,} + \ldots$$

Alors, en posant, pour abréger

$$U = \int P_{,} e^{-Q_{,} t} dx, \quad V = \int P_{,,} e^{-Q_{,,} t} dy, \quad W = \int P_{,,,} e^{-Q_{,,,} t} dz, \ldots,$$

on tirera de la formule (2)

$$(4) \qquad s = \frac{1}{\Gamma(s)} \int_0^\infty t^{s-1}\,\mathrm{UVW}\ldots dt.$$

Donc alors, si l'on peut obtenir en termes finis les valeurs de U, V, W,... considérés comme fonctions de t, la détermination de l'intégrale multiple s se trouvera réduite à la détermination de l'intégrale simple

$$\int_0^\infty t^{s-1}\,\mathrm{UVW}\ldots dt.$$

» Si l'on supposait la fonction Q liée aux fonctions

$$\mathrm{Q}_{,},\quad \mathrm{Q}_{,,},\quad \mathrm{Q}_{,,,},\ldots,$$

non plus par la seconde des équations (3), mais par la suivante

$$(5) \qquad \mathrm{Q} = 1 + \mathrm{Q}_{,} + \mathrm{Q}_{,,} + \mathrm{Q}_{,,,} + \ldots;$$

alors, au lieu de la formule (4), on obtiendrait celle-ci

$$(6) \qquad s = \frac{1}{\Gamma(s)} \int_0^\infty t^{s-1}\,\mathrm{UVW}\ldots e^{-t}\,dt.$$

» 1^re^ *Application*. Supposons

$$\mathrm{P} = x^l y^m z^n \ldots e^{ax} e^{by} e^{cz}\ldots, \quad \text{et} \quad \mathrm{Q} = 1 + \alpha x + 6y + \gamma z + \ldots,$$

l, m, n,... désignant des nombres entiers, et a, b, c,..., α, 6, γ,.. des constantes réelles ou imaginaires; en sorte qu'on ait

$$(7) \qquad s = \iiint \ldots \frac{x^l y^m z^n \ldots e^{ax} e^{by} e^{cz}\ldots}{(1 + \alpha x + 6y + \gamma z + \ldots)^s}\,dx\,dy\,dz\ldots$$

Supposons d'ailleurs, pour fixer les idées, les intégrations relatives aux variables x, y, z,... effectuées par rapport à x, à partir d'une certaine origine $x = \xi$; par rapport à y, à partir de l'origine $y = \eta$; par rapport à z, à partir de l'origine $z = \zeta$;... Enfin, concevons que dans le second membre de la formule (7) la fonction

$$1 + \alpha x + 6y + \gamma z + \ldots$$

offre toujours une partie réelle positive; ce qui arrivera, par exemple, si, les deux limites de chaque intégration étant des quantités positives, chacune des constantes α, 6, γ, ... acquiert ou une valeur positive, ou une valeur imaginaire dont la partie réelle soit positive. On trouvera

$$\mathrm{U} = \mathrm{D}_a^l \int_\xi^x e^{(a-\alpha t)x}\, dx = \mathrm{D}_a^l \frac{e^{(a-\alpha t)x} - e^{(a-\alpha t)\xi}}{a - \alpha t}, \quad \text{etc.},$$

et par suite

$$(8) \quad s = \frac{1}{\Gamma(s)} \mathrm{D}_a^l \mathrm{D}_b^m \mathrm{D}_c^n \ldots \int_0^\infty \frac{e^{(a-\alpha t)x} - e^{(a-\alpha t)\xi}}{a - \alpha t} \frac{e^{(b-6t)y} - e^{(b-6t)\eta}}{b - 6t} \ldots t^{s-1} e^{-t} dt.$$

On se trouve ainsi amené à cette conclusion remarquable, que la fonction s de x, y, z, ..., représentée, en vertu de la formule (7), par une intégrale multiple, peut être réduite à une intégrale définie simple relative à une nouvelle variable t, quelles que soient d'ailleurs les valeurs attribuées aux premières variables x, y, z, ..., ou à leurs origines ξ, η, ζ, ..., pourvu que la somme

$$1 + \alpha x + 6y + \gamma z + \ldots,$$

ou du moins sa partie réelle, reste positive entre les limites des intégrations.

» Si, en attribuant aux constantes a, b, c, ... des valeurs négatives, ou du moins des valeurs dont la partie réelle fût négative, on supposait chaque intégration effectuée, dans la formule (7), entre les limites 0, ∞, on trouverait

$$\mathrm{U} = \mathrm{D}_a^l \int_0^\infty e^{(a-\alpha t)x}\, dx = \mathrm{D}_a^l \frac{1}{\alpha t - a} = \frac{\Gamma(l+1)}{(\alpha t - a)^{l+1}}, \quad \text{etc.},$$

et par suite

$$(9) \quad s = \frac{\Gamma(l+1)\Gamma(m+1)\Gamma(n+1)\ldots}{\Gamma(s)} \int_0^\infty \frac{t^{s-1} e^{-t} dt}{(\alpha t - a)^{l+1} (6t - a)^{m+1} (\gamma t - a)^{n+1} \ldots}.$$

» Enfin, si dans les formules (7) et (9) on remplace l, m, n,... par $l-1$, $m-1$, $n-1$, ..., et a, b, c, ... par $-a$, $-b$, $-c$, ..., elles don-

neront

$$(10)\quad \begin{cases} \int_0^\infty \int_0^\infty \int_0^\infty \ldots \dfrac{x^{l-1} y^{m-1} z^{n-1} \ldots e^{-ax} e^{-by} e^{-cz} \ldots}{(1+\alpha x+\mathit{6} y+\gamma z+\ldots)^s} dx\, dy\, dz \ldots \\ \quad = \dfrac{\Gamma(l)\Gamma(m)\Gamma(n)\ldots}{\Gamma(s)} \int_0^\infty \dfrac{t^{s-1} e^{-t}\, dt}{(a+\alpha t)^l (b+\mathit{6} t)^m (c+\gamma t)^n \ldots} \ldots \end{cases}$$

Cette dernière formule, subsistera toujours, d'après ce qu'on vient de dire, quand, l, m, n,... étant des nombres entiers, a, b, c,..., α, $\mathit{6}$, γ,... désigneront des constantes positives, ou même des constantes imaginaires dont les parties réelles seront positives. Ce n'est pas tout : on verra dans un instant que la formule (10) peut être étendue à des cas où les exposants l, m, n,... ne représentent plus des nombres entiers.

» 2^e *Application.* Supposons, dans l'équation (1),

$$P = x^{l-1} y^{m-1} z^{n-1} \ldots e^{-ax} e^{-by} e^{-cz} \ldots, \text{ et } Q = 1 + \alpha x + \mathit{6} y + \gamma z + \ldots,$$

l, m, n,... désignant des constantes positives, ou même constantes imaginaires dont les parties réelles soient positives; et prenons d'ailleurs pour limites des intégrations relatives à chacune des variables x, y, z,..., les deux quantités

$$0, \quad \infty;$$

en sorte qu'on ait

$$(11)\quad s = \int_0^\infty \int_0^\infty \int_0^\infty \ldots \frac{x^{l-1} y^{m-1} z^{n-1} \ldots e^{-ax} e^{-by} e^{-cz} \ldots}{(1+\alpha x+\mathit{6} y+\gamma z+\ldots)^s} dx\, dy\, dz \ldots$$

On trouvera

$$U = \int_0^\infty x^{l-1} e^{-(a+\alpha t)x} dx = \frac{\Gamma(l)}{(a+\alpha t)^l}, \quad \text{etc.}\ldots;$$

et par suite, on tirera de la formule (6)

$$(12)\qquad s = \frac{\Gamma(l)\Gamma(m)\Gamma(n)\ldots}{\Gamma(s)} \int_0^t \frac{t^{s-1} e^{-t}\, dt}{(a+\alpha t)^l (b+\mathit{6} t)^m (c+\gamma t)^n \ldots}.$$

Donc la formule (10) subsistera certainement, pour des valeurs réelles ou imaginaires des constantes

$$l, m, n, \ldots, \quad a, b, c, \ldots, \quad \alpha, \mathit{6}, \gamma, \ldots,$$

toutes les fois que ces constantes ou leurs parties réelles seront positives.

» *Corollaire* 1er. Si, dans la formule (10), on réduit les variables x, y, z,...

à une seule, et si l'on pose de plus $a = 1$, on trouvera

$$\int_0^\infty \frac{x^{l-1}\, e^{-x}}{(1+\alpha x)^s}\, dx = \frac{\Gamma(l)}{\Gamma(s)} \int_0^\infty \frac{t^{s-1}\, e^{-t}}{(1+\alpha t)^l}\, dt.$$

Donc, en écrivant r au lieu de l, et x au lieu de t, on aura

$$(13) \qquad \frac{1}{\Gamma(r)} \int_0^\infty \frac{x^{r-1}\, e^{-x}}{(1+\alpha x)^s}\, dx = \frac{1}{\Gamma(s)} \int_0^\infty \frac{x^{s-1}\, e^{-x}}{(1+\alpha x)^r}\, dx.$$

Cette dernière formule, qui devient identique, dans le cas où l'on prend $s = r$, est précisément l'une de celles auxquelles j'étais parvenu par la méthode ci-dessus exposée dans le Mémoire du 2 janvier 1815. On pourrait de cette formule en déduire plusieurs autres dignes de remarque, en différentiant les deux membres une ou plusieurs fois de suite par rapport à r. Les nouvelles intégrales, comprises dans les formules ainsi obtenues, seraient les dérivées relatives à r des intégrales comprises dans la formule (13); et, pour passer des unes aux autres, il suffirait de multiplier une ou plusieurs fois de suite la fonction sous le signe $\int$ par $\mathrm{l}(x)$ ou par $-\mathrm{l}(1+\alpha x)$, la lettre caractéristique l indiquant un logarithme népérien.

» La formule (13), et celles que l'on en déduira par des différentiations relatives à r, subsisteront certainement toutes les fois que les constantes r, s offriront des valeurs positives, ou des valeurs imaginaires dont les parties réelles seront positives.

» *Corollaire* 2^e. Si, dans la formule (10), on réduit à zéro les constantes $a, b, c, \ldots$, elle donnera

$$(14) \qquad \left\{ \begin{aligned} &\int_0^\infty \int_0^\infty \int_0^\infty \cdots \frac{x^{l-1}\, y^{m-1}\, z^{n-1} \ldots}{(1+\alpha x+6y+\gamma z+\ldots)^s}\, dx\,dy\,dz \\ &\quad = \frac{\Gamma(l)\,\Gamma(m)\,\Gamma(n)\ldots\Gamma(s-l-m-n-\ldots)}{\Gamma(s)}\, \frac{1}{\alpha^l\, 6^m\, \gamma^n \ldots}. \end{aligned} \right.$$

Cette dernière équation subsistera certainement, lorsque

$$s,\ l,\ m,\ n,\ldots,\ \alpha,\ 6,\ \gamma,\ldots,$$

seront ou des constantes positives, ou des constantes imaginaires dont la partie réelle sera positive et que la partie positive de la constante s surpassera la partie positive de chacune des constantes $l, m, n, \ldots$ Si, pour fixer les idées, on prend

$$\alpha = 6 = \gamma = \ldots = 1,$$

on trouvera

$$(15)\qquad \left\{\begin{aligned} &\int_0^\infty\int_0^\infty\int_0^\infty \cdots \frac{x^{l-1}\,y^{m-1}\,z^{n-1}\ldots}{(1+x+y+z+\ldots)^s}\,dx\,dy\,dz\ldots \\ &\quad = \frac{\Gamma(l)\,\Gamma(m)\,\Gamma(n)\ldots\Gamma(s-l-m-n-\ldots)}{\Gamma(s)}. \end{aligned}\right.$$

L'équation (15) est l'une de celles auxquelles est arrivé M. Binet dans son mémoire sur les intégrales eulériennes. Cette même équation de laquelle on déduit aisément la valeur de l'intégrale

$$\int_0^\infty\int_0^\infty\int_0^\infty \cdots \frac{dx\,dy\,dz\ldots}{(1+x+y^\mu+z^\nu+\ldots)},$$

ne diffère pas au fond d'une formule que j'avais obtenue dans le temps de mes premières recherches sur les intégrales définies. Je la retrouve sous diverses formes, non-seulement dans un cahier de cette époque, mais aussi dans l'un de ceux sur lesquels j'écrivais les leçons que j'ai données au Collége de France. J'étais parvenu à transformer l'intégrale multiple qu'elle renferme en un produit d'intégrales eulériennes de seconde espèce, c'est-à-dire de la forme

$$\int_0^\infty \frac{x^{a-1}\,dx}{(1+x)^b},$$

en remarquant, par exemple, qu'il suffit de poser successivement

$$z=(1+x+y)w, \quad \text{et} \quad y=(1+x)v,$$

pour établir l'équation

$$(16)\qquad \left\{\begin{aligned} &\int_0^\infty\int_0^\infty\int_0^\infty \frac{x^{l-1}\,y^{m-1}\,z^{n-1}\,dx\,dy\,dz}{(1+x+y+z)^s} \\ &\qquad = \int_0^\infty \frac{w^{n-1}\,dw}{(1+w)^s}\int_0^\infty \frac{v^{m-1}\,dv}{(1+v)^{s-n}}\int_0^\infty \frac{x^{l-1}\,dx}{(1+x)^{s-m-n}}; \end{aligned}\right.$$

et cette remarque m'avait fait d'abord espérer qu'on pourrait tirer de la formule (15) des relations nouvelles entre les deux espèces d'intégrales eulériennes. Mais cette espérance ne s'est pas réalisée. J'ai pu seulement, en partant de la formule (15), arriver à des relations que l'on sait exister entre les intégrales eulériennes de première et de seconde espèce. Ainsi, en particulier, si l'on réduit les variables x, y, z.... à une seule, et si l'on remplace la lettre l par la lettre r, on reviendra de la formule (15) à

l'équation déjà connue

$$(17) \qquad \int_0^\infty \frac{x^{r-1}\,dx}{(1+x)^s} = \frac{\Gamma(r)\,\Gamma(s-r)}{\Gamma(r)}$$

[*voir* le résumé des Leçons donnés à l'École Polytechnique sur le Calcul infinitésimal, page 131]. Dans le cas où l'on prend $s=1$, l'équation (16) se transforme, comme on le sait, en la formule

$$\Gamma(r)\,\Gamma(1-r) = \frac{\pi}{\sin \pi r},$$

que l'on peut encore écrire comme il suit :

$$(18) \qquad \Gamma(1+r)\,\Gamma(1-r) = \frac{\pi r}{\sin \pi r}.$$

D'ailleurs ce que nous avons dit précédemment suffit pour prouver que l'on peut dans les équations (17) et (18), attribuer à r non-seulement des valeurs positives, mais encore des valeurs imaginaires dont les parties réelles soient positives.

» Si, dans l'équation (18), on pose en particulier

$$r = a\sqrt{-1},$$

a désignant une quantité réelle, cette équation donnera

$$(19) \quad \left[\int_0^\infty e^{-x}\cos(a\,\mathrm{l}x)\,dx\right]^2 + \left[\int_0^\infty e^{-x}\sin(a\,\mathrm{l}x)\,dx\right]^2 = \frac{2\pi a}{e^{\pi a} - e^{-\pi a}}.$$

» Il est bon d'observer que, pour revenir de l'équation (15) à l'équation (14), il suffirait de remplacer x par αx, y par $6y$, z par γz,...

» J'ajouterai que des transformations semblables à celles qui nous ont conduits à l'équation (16) fournissent, comme l'on sait, une formule de M. Dirichlet, analogue à l'équation (15), et d'autres formules du même genre, que divers géomètres ont obtenues en prenant pour point de départ celle de M. Dirichlet.

» 3e *Application*. Supposons que, dans la formule (1), on prenne

$$P = \varphi(x)\chi(y)\psi(z)\ldots, \quad \text{et} \quad Q = [1-(\alpha x + 6y + \gamma z + \ldots)\sqrt{-1}],$$

α, 6, γ,... étant des constantes positives, et $\varphi(x)$, $\chi(y)$, $\psi(z)$, ... des

fonctions rationnelles, réelles ou imaginaires, mais tellement choisies que les produits

$$x\varphi(x),\quad y\chi(y),\quad z\psi(z),\ldots$$

s'évanouissent pour des valeurs infinies de $x, y, z, \ldots$ Si, d'ailleurs, on suppose les intégrations effectuées par rapport à chacune des variables $x, y, z, \ldots$ entre les limites

$$-\infty,\quad +\infty,$$

la valeur de l'intégrale multiple $\mathcal{S}$, déterminée par la formule (1), deviendra

$$(20)\qquad \mathcal{S}=\int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty}\cdots\frac{\varphi(x)\chi(y)\psi(z)\ldots}{[1-(\alpha x+6y+\gamma z+\ldots)\sqrt{-1}]^{s}}\,dx\,dy\,dz\ldots$$

Mais alors, en adoptant les notations du calcul des résidus, on trouvera

$$\mathrm{U}=\int_{-\infty}^{\infty}\varphi(x)e^{\alpha tx\sqrt{-1}}\,dx=2\pi\sqrt{-1}\;{}_{-\infty}^{\;\infty}\mathcal{E}_{0}^{\infty}\left(\left(\varphi(x)e^{\alpha tx\sqrt{-1}}\right)\right),\text{ etc.}$$

Donc, si l'on nomme k le nombre des variables $x, y, z, \ldots$, la formule (6) donnera

$$(21)\qquad \mathcal{S}=$$

$$\frac{(2\pi\sqrt{-1})^{k}}{\Gamma(s)}\int_{0}^{\infty}t^{s-1}\;{}_{-\infty}^{\;\infty}\mathcal{E}_{0}^{\infty}\left(\left(\varphi(x)e^{\alpha tx\sqrt{-1}}\right)\right)\;{}_{-\infty}^{\;\infty}\mathcal{E}_{0}^{\infty}\left(\left(\chi(y)e^{6ty\sqrt{-1}}\right)\right)\ldots e^{-t}dt;$$

et, si dans l'équation (21) on effectue l'intégration relative à t, on tirera de cette équation, jointe à la formule (20),

$$(22)\qquad \left\{\begin{aligned}&\int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty}\cdots\frac{\varphi(x)\chi(y)\psi(z)\ldots}{[1-(\alpha x+6y+\gamma z\ldots)\sqrt{-1}]^{s}}\,dx\,dy\,dz\ldots\\&=(2\pi\sqrt{-1})^{k}\;{}_{-\infty}^{\;\infty}\mathcal{E}_{0}^{\infty}\;{}_{-\infty}^{\;\infty}\mathcal{E}_{0}^{\infty}\cdots\frac{((\varphi(x)\chi(y)\psi(z)\ldots))}{[1-(\alpha x+6y+\gamma z+\ldots)\sqrt{-1}]^{s}}.\end{aligned}\right.$$

» L'équation (22), comme toutes les équations imaginaires, se décomposera généralement en deux autres, qui fourniront les valeurs réelles de deux intégrales multiples. Lorsque les fonctions

$$\varphi(x),\quad \chi(y),\quad \psi(z),\ldots$$

deviendront réelles, ainsi que l'exposant s, ces deux intégrales multiples seront les deux suivantes :

$$\int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty}\cdots\frac{\varphi(x)\chi(y)\psi(z)\ldots\cos[s\,\text{arc tang}(\alpha x+\epsilon y+\gamma z+\ldots)]}{[1+(\alpha x+\epsilon y+\gamma z+\ldots)^2]^{\frac{s}{2}}}\,dx\,dy\,dz\ldots,$$

et

$$\int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty}\cdots\frac{\varphi(x)\chi(y)\psi(z)\ldots\sin[s\,\text{arc tang}(\alpha x+\epsilon y+\gamma z+\ldots)]}{[1+(\alpha x+\epsilon y+\gamma z+\ldots)^2]^{\frac{s}{2}}}\,dx\,dy\,dz\ldots$$

» Si l'on réduit les variables $x, y, z, \ldots$ à une seule, la formule (22) donnera simplement

$$(23)\qquad \int_{-\infty}^{\infty}\frac{\varphi(x)}{(1-\alpha x\sqrt{-1})^s}\,dx = 2\pi\sqrt{-1}\;\mathcal{E}\,\frac{((\varphi(x)))}{(1-\alpha x\sqrt{-1})^s}.$$

Lorsque la fonction $\varphi(x)$ et la quantité s seront réelles, l'équation (23) fournira en même temps les valeurs des deux intégrales

$$\int_{-\infty}^{\infty}\frac{\varphi(x)\cos(s\,\text{arc tang}\,\alpha x)}{(1+\alpha^2x^2)^{\frac{s}{2}}}\,dx,\qquad \int_{-\infty}^{\infty}\frac{\varphi(x)\sin(s\,\text{arc tang}\,\alpha x)}{(1+\alpha^2x^2)^{\frac{s}{2}}}\,dx.$$

» Si, pour fixer les idées, on prend

$$\varphi(x)=\frac{1}{1+x^2},$$

la formule (23) donnera

$$(24)\qquad \int_{-\infty}^{\infty}\frac{dx}{(1+x^2)(1-\alpha x\sqrt{-1})^s}=\frac{\pi}{(1+\alpha)^s};$$

puis on en conclura, si l'exposant s est réel,

$$(25)\qquad \int_{-\infty}^{\infty}\frac{\cos(s\,\text{arc tang}\,\alpha x)}{(1+x^2)(1+\alpha^2x^2)^{\frac{s}{2}}}\,dx=\frac{\pi}{(1+\alpha)^s}.$$

Au reste, on prouverait aisément que la formule (24) n'est pas altérée

quand on y remplace le binome $1 - \alpha x\sqrt{-1}$ par le binome $1 + \alpha x\sqrt{-1}$; et cette remarque entraîne dans tous les cas l'équation (25). Cela posé, rien n'empêche d'attribuer à s dans la formule (25), aussi bien que dans la formule (24), une valeur imaginaire dont la partie réelle soit positive, ou même nulle.

» Si, dans la formule (25), on pose

$$s = r\sqrt{-1},$$

r étant une quantité réelle, on obtiendra deux nouvelles formules, savoir,

$$\int_{-\infty}^{\infty} \tfrac{1}{2}\left(e^{r \operatorname{arc\,tang} \alpha x} + e^{-r \operatorname{arc\,tang} \alpha x}\right) \cos\left[\frac{r}{2}\,\mathrm{l}\,(1 + \alpha^2 x^2)\right] \frac{dx}{1 + x^2}$$
$$= \pi \cos[r\,\mathrm{l}\,(1 + \alpha)],$$

et

$$\int_{-\infty}^{\infty} \tfrac{1}{2}\left(e^{r \operatorname{arc\,tang} \alpha x} + e^{-r \operatorname{arc\,tang} \alpha x}\right) \sin\left[\frac{r}{2}\,\mathrm{l}\,(1 + \alpha^2 x^2)\right] \frac{dx}{1 + x^2}$$
$$= \pi \sin[r\,\mathrm{l}\,(1 + \alpha)].$$

» Si l'on différentiait une ou plusieurs fois de suite les équations (24), (25), par rapport aux quantités α, s, on obtiendrait de nouvelles formules, par exemple, la suivante :

$$\int_{-\infty}^{\infty} \frac{\cos(s \operatorname{arc\,tang} \alpha x)}{(1 + x^2)(1 + \alpha^2 x^2)^{\frac{s}{2}}}\,\mathrm{l}\,(1 + \alpha^2 x^2)\,dx = \frac{2\pi\,\mathrm{l}\,(1 + \alpha)}{(1 + \alpha)^s}.$$

» On pourrait encore déduire du principe général rappelé au commencement de cet article, les valeurs d'un grand nombre d'autres intégrales définies simples ou multiples. Parmi ces intégrales, on doit distinguer celles qui se trouvent déterminées dans le Mémoire déjà mentionné.

» En terminant cet article, nous ferons une observation qui n'est pas sans importance. Les formules auxquelles nous sommes parvenus, subsisteront généralement, sous la condition que les valeurs des intégrales qu'elles renferment demeurent finies et déterminées. Elles pourront se modifier, si cette condition n'est pas remplie. Mais, pour savoir ce qu'elles deviendront dans ce dernier cas, il suffira ordinairement de recourir aux

principes que j'ai établis dans mes divers Mémoires sur la théorie des intégrales définies, par exemple, de réduire les intégrales définies qui deviendront indéterminées à leurs *valeurs principales*, et de remplacer les intégrales qui deviendront infinies par d'autres intégrales du genre de celles que, dans le Mémoire du 2 janvier 1815, et dans les *Exercices de Mathématiques*, j'ai désignées sous le nom d'*intégrales définies extraordinaires*. [Voir le 1er volume des *Exercices de Mathématiques*, page 57.] »

Le temps réclamé par le comité secret ne permet pas de lire les articles de *Correspondance* adressés pour cette séance. La séance prochaine s'ouvrira par cette lecture.

ERRATA.

Séance du 14 décembre.

Page 963, ligne 19, *au lieu de* on a placé, *lisez* on a tracé

Page 964, ligne 2, *au lieu de* à la même hauteur, *lisez* à la même température

Page 965, ligne 2, *au lieu de* Extrémité opposée........... $\left\{\begin{array}{l} d = 0{,}115^{\text{mm}} \\ D = 0{,}1145 \end{array}\right.$

lisez Extrémité opposée............ $\left\{\begin{array}{l} d = 0{,}1125^{\text{mm}} \\ D = 0{,}1145 \end{array}\right.$

Page 966, ligne 2, *au lieu de* le temps, *lisez* les temps.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

L'Académie a reçu dans cette séance les ouvrages dont voici les titres :

Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie royale des Sciences; 2e semestre 1840, no 24, in-4o.

Annales des Sciences naturelles; août 1840, in-8o.

Exercices d'Analyse et de Physique mathématique; par M. A. CAUCHY; 10e liv. in-4o.

Annales scientifiques, littéraires et industrielles de l'Auvergne; novembre et décembre 1840, in-8o.

Annales de la Société d'Émulation du département des Vosges; tome 4, 1er cahier, 1840.

Mémorial encyclopédique; novembre 1840, in-8o.

Recueil de la Société Polytechnique; octobre 1840, in-8o.

Paléontologie française; par MM. D'ORBIGNY et DELARUE; 9e liv., in-8o.

Génie chiffrologique. — Discours; par M. DUBLAR; in-8o.

Génie chiffrologique, ou abrégé des chiffres; Notice, par le même; quart de feuille, in-4o.

Journal de l'Institut historique; novembre 1840, in-8o.

Le Technologiste, no 15, décembre 1840, in-8o.

Journal de Pharmacie et des Sciences accessoires; décembre 1840, in-8o.

Le Magnétophile, journal; in-4o; Bruxelles.

Address of.... *Discours des secrétaires généraux de l'Association britannique*, MM. R.-J. MURCHISSON et E. SABINE; Glascow, 1840, in 8o.

Tijdschrift.... *Journal d'Histoire naturelle et de Physiologie;* publié par MM. VANDER-HOEVEN et H. DE VRIÈSE; Amsterdam, 7e vol., 3e et 4e liv.

Invito.... *Invitation à la réunion scientifique de Turin, de s'occuper de la solution d'un problème relatif à la formation de la Grêle; par* M. A. BELLANI. (Extrait du tome XCIX de la *Bibl. ital.*) Milan, in-8o.

Continuazione.... *Continuation et fin du Discours sur la restauration des Bains minéraux, près Tivoli; par* M. A. CAPELLO; Rome, 1840, in-8o.

Gazette médicale de Paris; no 51, in-4o.

Gazette des Hôpitaux; nos 148 et 149, in-fol.

La France industrielle; 10 et 17 décembre 1840.

L'Expérience, journal; no 161.

COMPTE RENDU

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 28 DÉCEMBRE 1840.

PRÉSIDENCE DE M. PONCELET.

(*Pièces dont il n'a pu être donné communication à la précédente séance.*)

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ZOOLOGIE. — *Note additionnelle sur les Éponges perforantes; par* M. DUVERNOY.

« J'ai pris la liberté d'entretenir un instant l'Académie, et pour ainsi dire inopinément, dans sa séance du 2 novembre dernier, d'une *espèce d'éponge perforante.* « Jusqu'à plus ample informé, ai-je dit à la fin de ma » Note (page 686), j'ai lieu de croire que mon observation est nouvelle, » relativement à la *détermination et aux caractères de l'éponge* qui vit » dans l'intérieur des coquilles d'huîtres. »

» J'ai d'abord une rectification à faire au sujet de l'un de ces caractères: je veux parler de la nature calcaire des spicules. J'avais vu une grande effervescence produite par l'acide nitrique, après laquelle les spicules, que j'avais cherchées avec une simple loupe, m'avaient paru dissoutes; j'en avais conclu : 1° Qu'il y avait une certaine quantité de *chaux carbonatée*

mêlée à la substance de cette éponge; 2° que les spicules étaient de même nature.

» La première conclusion était exacte; la seconde était une erreur. Dans une autre expérience, j'ai soumis pendant vingt-quatre heures une de ces petites éponges à l'action de l'acide nitrique; j'ai ensuite examiné au microscope composé les débris de ce corps et les gouttes de cet acide étendu d'eau, j'y ai découvert de nombreuses spicules d'une forme bien déterminée et très caractéristique. Ce sont comme de petites épingles ayant une pointe et une tête en forme de bouton arrondi. Ces spicules sont un peu renflées à leur partie moyenne et très légèrement courbées pour la plupart à leur origine; dans quelques-unes la tige dépasse un peu la tête.

» Ainsi voilà un corps spongiaire dont la masse renferme une certaine quantité de chaux carbonatée, et dont le tissu se compose, entre autres, de *spicules de nature siliceuse,* d'une forme très remarquable.

» Cette observation se rattache, il me semble, à des questions de chimie organique et de chimie générale de la plus haute portée. On peut se demander quelle est la puissance de la partie vivante de cette éponge, de ce laboratoire animal, qui peut ainsi miner les coquilles et transformer en épingles de forme constante, de nature siliceuse, une partie des matériaux calcaires de ces déblais de mines; à supposer qu'ils soient la source de cette silice?

» Quant à la *priorité* de ma détermination, je viens de rappeler que je ne l'avais annoncée que sous forme de doute. J'ai pris connaissance, depuis la lecture de ma *Note,* de deux publications qui se rapportent à ce sujet.

» 1°. La plus récente date de la Réunion des naturalistes italiens qui eut lieu à Pise, au mois d'octobre 1839. Voici ce qu'on lit, en italien, sur les *éponges perforantes,* dans les actes de cette Assemblée (*Atti della prima reunione degli Scienziati italiani, tenuta in Pisa, nell ottobre del* 1839. *Pisa,* 1840), et en français, dans la *Revue zoologique* du mois de janvier de cette année : « Dans la séance de la section de zoologie du 7 octobre 1839, présidée par le prince C.-L. Bonaparte, le Dr Louis Nardo lit un Mémoire du Dr J. Dominique, son frère, *sur un nouveau genre d'éponge siliceuse, qui vit dans l'intérieur des pierres et des coquilles marines, les perforant de mille manières.* » Ces éponges, dont M. J. Dominique Nardo a déterminé quatre espèces, sous le nom générique de *Vioa,* me paraissent différer essentiellement de celle que j'ai observée, par leur habitation dans toute espèce de coquilles marines, et même dans les pierres (dont on n'a pas indiqué la nature), et par le singulier caractère de subsister libres hors des corps qu'elles

ont minés et qu'elles parviennent à réduire en pièces. Il faudra attendre, pour compléter cette comparaison, la description détaillée de ces éponges perforantes, qui doit être comprise dans l'*Histoire naturelle de la mer Adriatique* que promet ce savant.

» 2°. La plus ancienne des deux publications qui semblerait, sous plusieurs rapports, pouvoir se rapporter au même sujet, a déjà paru en France en 1827 (1). Je la connais depuis cette époque; mais j'avoue que je ne m'en suis pas rappelé de suite, à l'occasion d'une éponge perforante, parce qu'elle concerne un genre de *polypier* découvert par M. *Grant* sur les côtes d'Écosse. Ce polypier habite des canaux sinueux creusés, selon ce savant, par des vers marins, dans l'épaisseur des valves de l'huître comestible. M. *Grant* lui a donné le nom de *Cliona celata* (2). Je ne crois pas devoir discuter ici les analogies et les différences qui existent entre ce *zoophyte* et mon *éponge perforante*. Je tâcherai de reprendre cette comparaison lorsque j'aurai pu continuer mes observations sur les bords de la mer. Peut-être que ma première *Note* et celle-ci, auront du moins le mérite de provoquer des recherches nouvelles sur un sujet plein d'intérêt, qui se lie, ainsi que j'en ai déjà fait la remarque, à des questions importantes de chimie animale ou même de chimie générale. »

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

PHYSIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Recherches sur les propriétés des racines antérieures et des racines postérieures des nerfs spinaux.* — Extrait d'une Note de M. LONGET.

(Commission précédemment nommée.)

« Dans une lettre encore récente, j'ai eu l'honneur d'annoncer à l'Académie que j'avais constamment trouvé sur dix-sept chiens, la plupart adultes, les racines antérieures spinales et les faisceaux correspondants

(1) *Annales des Sciences naturelles*, tome X, pag. 162 — 168, et *Journal philosophique d'Édimbourg*, tome de 1826, p. 182.

(2) Ce genre a été admis, dès 1830, par M. de Blainville (*Dictionnaire des Sciences naturelles*, tome LX, pag. 420) et placé à la fin des Polypes, immédiatement avant les Éponges.

de la moelle complétement insensibles aux irritations mécaniques de toutes sortes; et au contraire les racines postérieures et les faisceaux médullaires postérieurs extrêmement sensibles. J'ajoutais qu'au lieu d'avoir obtenu, comme l'ont annoncé quelques physiologistes, par l'action du galvanisme, des contractions avec les deux sortes de racines préalablement coupées, je n'en avais déterminé qu'en agissant sur les seules racines antérieures.

» Depuis cette communication j'ai mis en expérience neuf autres chiens également adultes. De nouveau j'ai constaté l'exactitude de ces résultats, en présence de MM. les professeurs *Cruveilhier* et *Gerdy*, et de plusieurs médecins français et étrangers. Mais je me suis surtout proposé de démontrer, par ces dernières expériences, que l'agent galvanique peut être employé d'une manière utile pour découvrir les différences fonctionnelles, d'une part dans les racines antérieures et les faisceaux médullaires correspondants, d'autre part dans les racines postérieures et les faisceaux postérieurs de la moelle.

» Les conclusions qui se déduisent des expériences exposées dans ma Note peuvent au reste être résumées dans les propositions suivantes :

» 1°. Le galvanisme d'une part, les irritations mécaniques de l'autre, servent à démontrer, de la manière la plus absolue, les différences tranchées de fonctions et de propriétés dans les deux sortes de racines spinales et dans les faisceaux médullaires correspondants;

» 2°. Les racines antérieures et les faisceaux antérieurs de la moelle qui sont insensibles aux irritants mécaniques, suscitent des contractions violentes par l'action du galvanisme appliqué à leur bout périphérique. Ces parties insensibles du système nerveux sont exclusivement en rapport avec le mouvement;

» 3°. Les racines postérieures et les faisceaux médullaires correspondants qui, mécaniquement excités, sont très sensibles, ne déterminent aucune contraction musculaire, si l'on fait agir le galvanisme sur leur extrémité périphérique.

» Les fonctions de ces racines et de ces faisceaux sont relatives seulement à la sensibilité et non au mouvement.

» 4°. Le galvanisme peut passer du faisceau antérieur d'un côté à celui du côté opposé, par l'intermédiaire de la commissure blanche antérieure qui les réunit; mais, ce qui est digne de remarque, il ne se transmet jamais du faisceau postérieur au faisceau antéro-latéral, par l'intermédiaire de la

corne postérieure de substance grise qui sépare complétement ces deux ordres de faisceaux à fonctions si distinctes. La substance grise me paraît ici être un mauvais conducteur du galvanisme ; comme on l'a déjà avancé, elle produirait plutôt le principe nerveux qui serait conduit par la substance blanche.

» 5°. Le faisceau latéral de la moelle pourrait bien avoir des fonctions distinctes de celles du faisceau antérieur. »

M. Petit, de Maurienne, adresse un quatrième Mémoire sur les *habitations considérées sous le double rapport de la salubrité publique et privée.*

(Renvoi à la Commission précédemment nommée.)

MM. Robert et Phuz présentent des *représentations en relief et en couleur, de pièces anatomiques.*

Les auteurs font remarquer que ces pièces ne sont pas copiées, mais *moulées* sur nature, et qu'ainsi elles présentent une fidélité qu'on ne peut attendre de simples imitations dont l'exactitude dépend à la fois nécessairement de l'habileté et de la conscience des artistes qui les exécutent.

(Commissaires, MM. Serres, Larrey, Breschet.)

M. Letellier adresse quelques remarques à l'occasion des communications de M. *Boucherie* relatives à la *conservation des bois.*

La lettre de M. Letellier est renvoyée à l'examen de la Commission qui a fait le rapport sur les procédés de M. Boucherie.

CORRESPONDANCE.

M. le Ministre de la Guerre, en accusant réception du Rapport sur les procédés de M. *Boucherie* pour la *conservation des bois,* annonce qu'il s'est empressé de transmettre ce document aux deux Comités de l'Artillerie et du Génie, en les invitant à examiner si dans ces deux services, où l'on fait un si grand usage des bois de construction, il n'y aurait pas à faire d'utiles applications des procédés imaginés par M. Boucherie.

M. le Ministre des Finances accuse également réception de ce Rapport, et annonce qu'il a cru devoir le communiquer à l'Administration des Forêts.

ACOUSTIQUE. — *Théorie relative à la formation du son dans les cordes vibrantes déduite de nouvelles expériences sur l'oscillateur acoustique.* — Lettre de M. CAGNIARD-LATOUR.

« Je viens de faire sur l'oscillateur acoustique décrit dans la Note que j'ai eu l'honneur d'adresser à l'Académie le 12 octobre dernier, quelques expériences dont les principaux résultats peuvent se résumer dans les deux propositions suivantes :

Première proposition.

» Par l'effet des influences réciproques entre les diverses vibrations dont le système est le siége pendant son effet sonore, les deux chocs produits par chaque double oscillation du marteau de verre entre les montants métalliques forment un battement complexe, c'est-à-dire composé de plusieurs coups, mais de façon que sa durée est moindre que celle de l'espèce de silence ou de repos formant l'intervalle d'un battement à l'autre.

» Pour mettre en évidence ce phénomène curieux, je fais en sorte que chaque battement puisse être exécuté avec une certaine lenteur et telle par exemple, que le moulinet à chaque vingtaine de ses révolutions ne produise qu'une fois chaque double oscillation du marteau; pour y parvenir, j'interpose entre un des montants métalliques et la lame élastique ou levier oscillant qui forme le manche du marteau, un petit coin de liége par l'effet duquel le marteau s'appuie avec une certaine force contre le montant opposé; dans ce cas, si d'une part l'expérience a été bien préparée, et si de l'autre l'insufflation a le degré d'intensité convenable, on reconnaît que pendant cette insufflation, et lors même qu'elle a toute la régularité possible, le marteau de verre, par intervalles égaux, quitte brusquement son montant pour y revenir aussitôt après avoir frappé le montant opposé, et l'on distingue sans peine que chaque double oscillation de ce genre fait entendre le battement complexe dont il vient d'être question.

» J'ai remarqué en outre que si je balance avec mes mains l'appareil, pendant qu'il fonctionne, le même battement se produit à chaque double oscillation ou balancement, et devient même plus sensible par l'effet de ce double mouvement. J'ai remarqué encore qu'un battement analogue

avait lieu aussi, mais seulement d'une manière moins marquée, après que j'avais enlevé le coin de pression ; enfin j'ai reconnu que beaucoup d'autres corps sonores peuvent, lorsqu'on les balance pendant leur résonnance, donner également un battement par chaque double oscillation ou balancement qu'ils reçoivent.

» D'ailleurs j'ai démontré, il y a long-temps, qu'un solide de révolution, lors même qu'il est exécuté avec tout le soin possible, donne toujours, lorsqu'on le fait tourner avec vitesse sur les deux pointes d'un tour, le son d'axe ou d'excentricité.

» De ces diverses observations on peut conclure, il me semble, que si la corde vibrante, et en général les corps produisant le son par des mouvements oscillatoires, ne donnent qu'une vibration sonore par chaque double oscillation simple, cela tient à ce que ces corps, par leur nature même, sont en général dans un cas analogue en quelque chose à celui de l'osculateur acoustique muni du coin de pression, c'est-à-dire qu'ils ne produisent dans ces deux mouvements qu'un seul battement.

» Ce résultat paraîtra sans doute de quelque importance, puisqu'il embrasse en général les corps dont les actions sur nos organes se manifestent par des mouvements oscillatoires.

Deuxième proposition.

» Les chocs du marteau sur les deux montants métalliques paraissent avoir la même intensité. L'expérience par laquelle je démontre cette proposition consiste à coller du papier blanc sur les deux montants métalliques et à faire voir que si le marteau est formé d'une rondelle de plomb, cette espèce de crayon métallique laisse sur le papier des deux montants des traces semblables, et que si d'ailleurs l'expérience est prolongée pendant un temps un peu long, on ne remarque pas que le refoulement du métal soit plus sensible par les chocs d'un sens que par ceux du sens opposé. »

L'auteur d'un Mémoire sur l'*Ovologie*, adressé pour le concours au grand prix des Sciences physiques, prix qui n'a pas été décerné en 1839, et le sera, s'il y a lieu, en 1843, demande à reprendre ce travail.

Ce Mémoire n'ayant été l'objet d'aucun Rapport, l'auteur est autorisé à le reprendre.

M. Fermont adresse un paquet cacheté portant pour suscription : « Sur la possibilité d'établir une musique oculaire. »

L'Académie en accepte le dépôt.

(Pièces de la séance du 28 décembre.)

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

CHIMIE OPTIQUE. — *Sur l'emploi des caractères optiques, comme diagnostic immédiat du diabète sucré; par* M. Biot.

« M. le Dr Mandl, m'ayant demandé si l'observation du pouvoir rotatoire pourrait décéler la présence et la proportion du sucre, dans les urines des diabétiques, j'ai fait, pour le savoir, le travail que je vais soumettre à l'Académie.

» On sait que cette cruelle maladie se manifeste extérieurement par une soif ardente, accompagnée d'une sécrétion exagérée d'urines, susceptibles d'éprouver la fermentation alcoolique. M. Thenard, en 1806, a extrait de ces urines une matière solide insipide, mais dont le caractère saccharin se décélait par son aptitude à subir ce genre de fermentation. En déterminant, à de courts intervalles, la quantité de cette matière sécrétée, ainsi que sa qualité plus ou moins fermentescible, sous l'influence d'un traitement régulier que Dupuytren faisait suivre au malade, M. Thenard montra que l'on pouvait ainsi observer progressivement toutes les phases de cette influence, jusqu'à la complète guérison (1). C'était offrir aux médecins des épreuves sûres pour établir un mode de traitement raisonné; et aussi en ont-ils fait, depuis lors, le plus utile usage. Mais, en suivant toujours le même principe logique, de l'appréciation des causes par les effets produits, on va voir que l'observation du pouvoir rotatoire offre aujour-

---

(1) *Journal de Médecine*, publié par MM. Corvisart, Roux et Boyer, 1809 ou 1810.

d'hui un indice évident, d'une application bien plus facile, et peut-être plus immédiatement fidèle, pour arriver aux mêmes résultats en quelques instants.

» Postérieurement au travail de M. Thenard, en 1815, M. Chevreul eut l'occasion d'étudier des urines diabétiques (1). Il en retira un sucre sapide, fermentescible et cristallisable, dont les caractères de solubilité, de fusibilité, et d'apparence cristalline, étaient tout-à-fait identiques à ceux du sucre de raisin solidifié. M. Péligot compléta cette analogie, en 1818, en prouvant, par l'analyse chimique, que le sucre diabétique, le sucre de raisin solidifié, et un sucre d'amidon qu'il avait lui-même obtenu par l'action prolongée de l'acide sulfurique, ont tous trois la même composition pondérale (2).

» Ces recherches conduisaient à conclure que les urines diabétiques pouvaient contenir deux sortes de sucre distinctes, l'un sapide, l'autre insipide. M. Bouchardat les considéra ainsi dans un travail médico-chimique remarquable par sa précision et sa lucidité, qu'il a publié en 1839 (3). Mais il m'a dit s'être postérieurement assuré que la substance non sapide est une combinaison, ou un mélange, de sucre sapide avec du lactate d'urée, du chlorure de sodium, et un peu de matière extractive. L'examen optique confirme cette indication. Car la purification du produit insipide par des lavages réitérés à l'alcool froid, laisse pour résidu un sucre sapide analogue pour l'aspect au sucre de fécule, susceptible de la fermentation alcoolique comme lui, et qui exerce un pouvoir rotatoire de même sens, ce que M. Bouchardat m'a fourni l'occasion de constater.

» On connaît aussi des cas de maladies dans lesquels il s'opère pareillement une sécrétion exagérée d'urines, mais non fermentescibles, et desquelles on ne retire pas non plus de sucre solide. L'absence de cette substance se reconnaîtra aussi aisément que sa présence par les procédés que je vais décrire; et ce cas pathologique sera ainsi immédiatement distingué du précédent.

» Mon premier soin a dû être d'examiner si les urines sécrétées dans l'état de santé habituel, par des individus de différents âges et de différents

---

(1) *Annales de Chimie*, tome XCV, page 319.

(2) *Annales de Chimie et de Physique*, tome LXVII, page 113.

(3) *Revue médicale*, juin 1839.

sexes, présentaient des indices de pouvoir rotatoire. Je n'y en ai pas trouvé; ou, tout au plus, accidentellement, des traces à peine sensibles. Il ne serait pas étonnant que la sécrétion du sucre s'opérât quelquefois en si petite proportion qu'elle échappât aux remarques habituelles, et qu'il n'en résultât aucune apparence de maladie. On pourra toutefois saisir ainsi cette sécrétion en quelque sorte dans sa naissance, et bien avant qu'elle soit devenue dangereuse. J'avais d'ailleurs constaté depuis long-temps que l'urée, qui entre si abondamment comme principe dans les urines saines, n'a pas non plus de pouvoir rotatoire appréciable.

» J'avais eu aussi l'occasion d'observer l'action rotatoire du sucre de diabète solide, soit pur, soit combiné avec le chlorure de sodium, sur des produits qui m'avaient été remis par M. Péligot. J'avais trouvé, dans ces deux états, son pouvoir de même sens et de même ordre d'intensité que celui du sucre ordinaire d'amidon, ce qui s'accorde avec l'identité de composition pondérale que l'analyse chimique leur attribue. Je m'exprime à dessein avec cette indétermination, *quant à l'intensité*, parce que l'expression générique de sucre d'amidon comprend plusieurs produits que les chimistes n'ont pas jusqu'à présent distingués, quoique l'inégale énergie de leur pouvoir rotatoire les présente comme étant moléculairement distincts les uns des autres. Nous en avons ainsi obtenu deux, M. Persoz et moi, qui apparaissent successivement, et soudainement, aux diverses périodes d'action de l'acide sulfurique sur la fécule, dans un même milieu liquide, sous l'influence plus ou moins prolongée de la chaleur, et qui opèrent des déviations très inégales. Celui que M. Jacquelin a produit, en faisant agir $\frac{2}{1000}$ d'acide oxalique sur la fécule, à une haute pression, est aussi fort différent, sous ce rapport, du sucre d'amidon ordinaire. Je lui ai trouvé un pouvoir fort supérieur à celui du sucre de cannes, et plus que double de celui du sucre de diabète que m'avait remis autrefois M. Péligot. Ce dernier pourtant s'est trouvé absolument identique en pouvoir rotatoire avec un nouvel échantillon de ce même sucre de diabète que M. Péligot m'a remis dernièrement, après l'avoir purifié avec un extrême soin; et leur pouvoir commun est bien inférieur à celui d'un sucre d'amidon que le même chimiste avait tiré des fabriques où on l'obtient par la diastase, mais qu'il n'avait pas analysé. Il serait essentiel d'examiner si ces sucres de fécule, à rotation très énergique, ne seraient pas des mélanges, ou des combinaisons, de la dextrine avec le sucre d'amidon qui s'obtient par l'action prolongée de l'acide sulfurique et de la chaleur; ou bien encore si le même

sucre d'amidon ne pourrait pas se combiner moléculairement avec l'eau, et même avec des sels, de manière à leur communiquer le pouvoir rotatoire, comme quelques expériences me le font soupçonner. Des recherches chimiques, ainsi dirigées, jetteraient certainement beaucoup de lumière sur la constitution moléculaire des corps. Mais, pour les entreprendre, il faudrait se défaire d'abord de l'idée préconçue, et trop communément admise, que l'analyse pondérale suffit pour définir cette constitution.

» La diversité des résultats précédents, quant à l'intensité du pouvoir rotatoire, indiquait assez que, pour obtenir des caractères pathologiques certains, il fallait étudier l'action des urines diabétiques elles-mêmes. Car, sans cela, on aurait pu, à la rigueur, douter si le sucre extrait existait, soit pur, soit combiné, dans les urines, avec le même pouvoir rotatoire qu'on lui trouve; ou s'il ne se modifiait pas, sous ce rapport, par les procédés d'évaporation, et par les réactions chimiques, à l'aide desquels on l'isole. C'était aussi le seul moyen d'établir un diagnostic actuel, d'un emploi certain. Je n'ai donc pas négligé cette épreuve immédiate, que MM. Breschet et Rayer m'ont mis en état d'effectuer complétement.

» J'ai d'abord étudié l'urine d'un diabétique qui m'a été envoyée par M. Breschet. Elle avait été rendue en sa présence par un malade actuellement à l'Hôtel-Dieu; et les personnes qui connaissent les hôpitaux ne seront pas étonnées que j'insiste sur cette précaution. Ce malade, soumis depuis quelque temps à un régime alimentaire composé en très grande partie de substances animales, était considéré comme étant en voie de guérison, quoique encore affligé de diabétisme. Aussi ai-je trouvé que son urine avait encore un pouvoir de rotation considérable, dirigé vers la droite de l'observateur, conséquemment dans le même sens que le sucre de diabète solide, qu'on retire par l'évaporation. Sa déviation observée immédiatement à l'œil nu, à travers un tube qui n'avait que $347^{mm},6$ de longueur, était $+ 10^\circ,6$ ↗. On peut accroître la précision de ce caractère, en augmentant la longueur du tube, sans autre limite que l'opacité résultante de l'épaisseur du liquide observé, laquelle se trouve ici assez faible lorsqu'on l'a épuré par une filtration préalable. Mais l'épaisseur que je viens d'indiquer suffisait; car, avec un peu d'attention, il n'est pas possible de se tromper d'un degré sur cette évaluation, qu'il suffit d'ailleurs d'employer comme indice comparatif dans les observations habituelles.

C'est ce que M. Bouchardat a reconnu lui-même : quoiqu'il n'eût jamais fait d'expérience de ce genre, il est arrivé tout de suite aux mêmes nombres que j'avais obtenus. Le peu d'opacité de ces urines diabétiques, après qu'elles sont filtrées, laisse parfaitement voir les couleurs que la dispersion des plans de polarisation développe. L'opposition instantanée des teintes bleue, puis rouge jaunâtre, que présente l'image extraordinaire, avant et après le point de passage auquel la déviation se mesure, offre un caractère d'une précision extrême, que l'on saisit avec la plus grande facilité.

» Les échantillons d'urine diabétique que M. Rayer m'a remis, ont donné lieu à des observations plus comparativement suivies. D'après les indications écrites que cet habile médecin a bien voulu me donner, ces urines ont été aussi rendues en sa présence, à l'hospice de la Charité, par un malade qui, malheureusement, n'avait réclamé les secours publics qu'après avoir souffert depuis quatre ans de cette infirmité, jusqu'à se trouver réduit à un point de maigreur et d'épuisement excessif. Le premier échantillon qui me fut remis par M. Rayer, le 18 décembre, me fut annoncé comme devant être très chargé de sucre. En effet, l'observation du pouvoir rotatoire, faite dans un tube précisément de même longueur que l'autre, c'est-à-dire de $347^{mm},6$, donna pour déviation, toujours vers la droite, $18^{o},5$. Cette urine contenait ainsi presque deux fois autant de sucre que celle du malade de l'Hôtel-Dieu. Si ce sucre pouvait y être considéré comme libre, ou comme combiné avec des substances qui n'altèrent pas son pouvoir, l'urine en devait contenir de 110 à 120 grammes par litre; ce qui en effet ne dépasse pas les proportions extrêmes que M. Bouchardat m'a dit avoir retirées de pareilles urines, dans des cas pathologiques aussi excessifs. Mais, pour calculer ainsi, avec une entière certitude, la quantité pondérale de sucre contenue dans l'unité de volume, d'après la seule grandeur de la déviation observée à travers une épaisseur connue de liquide, il faudrait que les deux conditions spécifiées ici eussent été préalablement constatées par la chimie, au moyen des expériences que j'ai indiquées plus haut. Et c'est pourquoi, jusqu'à ce qu'elles aient été faites, je me borne à proposer le diagnostic optique comme simplement comparatif, ce qui suffit pour diriger le traitement.

» J'ai profité de cette occasion d'urines si chargées pour vérifier si le sucre diabétique, étudié ainsi dans son état naturel de sécrétion, a, comme celui de fécule, la propriété de n'être pas intervertible par les acides. En

conséquence j'y ai ajouté, à froid, 14 parties en volume d'acide hydrochlorique pur, pour 81 d'urine filtrée, et j'ai abandonné ce mélange à lui-même pendant vingt-quatre heures. Je l'ai alors observé de nouveau; et j'ai trouvé que son pouvoir primitif n'avait éprouvé aucune modification appréciable; bien entendu, en tenant compte de l'expansion donnée à l'espace dans lequel le sucre pouvait s'étendre. Le résultat aurait été bien différent si ce sucre dissous eût été d'une nature intervertible. Car, si c'eût été, par exemple, du sucre de cannes, la déviation aurait été transportée vers la gauche d'une quantité égale aux $\frac{4}{10}$ de sa valeur primitive; de sorte qu'elle serait devenue de 7°,4 dans ce nouveau sens, ou même un peu moindre; parce que, après un si long contact de l'acide, à cette dose, une portion du sucre interverti aurait été déjà détruite, ce qui aurait affaibli le rapport que je viens d'indiquer. L'invariabilité de la déviation à espace égal, sous l'influence de l'acide, confirme donc l'analogie du sucre diabétique avec le sucre de fécule, que l'analyse chimique indiquait. Mais ces épreuves du sens de sa déviation, et de sa permanence, dans le liquide sécrété lui-même, étaient indispensables. Car il eût été possible que le sucre qu'il renfermait possédât, avant d'être solidifié, un pouvoir rotatoire différent, ou même inverse, de celui qu'on lui trouve après l'avoir retiré à l'état solide; puisque ce phénomène d'inversion s'opère dans le sucre de raisin, avant et après avoir été solidifié, ainsi que je l'ai prouvé depuis long-temps par l'expérience faite successivement dans ces deux états. Et comme, une fois qu'il est arrivé au second, il ne retourne plus au premier quand on le redissout, il est bien présumable qu'il éprouve quelque changement de composition chimique en passant de l'un à l'autre, quoique la chimie n'ait pas encore cherché à constater ce singulier effet.

» Quatre jours après les observations que je viens de rapporter, le 22 décembre, le pauvre malade de la Charité fut atteint d'une pleuropneumonie du côté droit qui exigea qu'on le saignât. Depuis le 20 il avait été soumis à une privation absolue d'aliments solides. Ce même jour 22 M. Rayer m'apporta un échantillon de son urine: elle avait beaucoup changé d'apparence; elle était devenue plus chargée et plus rouge. En outre, sous la double influence de l'inflammation et de la diète, la quantité de sucre y avait considérablement diminué. Car, en l'observant dans un tube presque de même longueur, $345^{mm},6$, elle ne produisait plus qu'une déviation de

+ 6° ↗ au lieu de + 18°,5 ↗, et toujours dans le même sens.

Le poids du sucre contenu dans chaque unité de volume se trouvait donc réduit dans la même proportion, c'est-à-dire à peu près au tiers de ce qu'il était précédemment. Cinq jours après, le 27, la maladie inflammatoire s'aggravant toujours, et toute espèce d'aliment continuant d'être interdite, sauf quelques potions liquides, l'urine ne présenta plus aucune trace de pouvoir rotatoire. Par conséquent toute sécrétion de sucre avait cessé. L'infortuné succomba le lendemain. Combien n'eût-il pas été plus facile de le traiter, et de le guérir, si, dans les premiers temps où cette cruelle maladie se manifeste par l'invasion de la soif et d'une faim dévorante, il se fût présenté à l'hospice; et que la simple inspection de ses urines eût fait, en un moment, reconnaître le mal qui le menaçait!

» M. Rayer m'a donné à observer les urines d'un enfant affligé aussi d'une sécrétion exagérée de ce liquide, accompagnée d'une soif violente, comme dans le diabète sucré ordinaire. Mais cet habile médecin avait constaté qu'elles n'étaient pas fermentescibles, et qu'elles ne laissaient même qu'un résidu à peine sensible quand on les faisait évaporer. L'observation ne m'y a indiqué non plus aucune trace de pouvoir rotatoire appréciable. Les procédés optiques et chimiques s'accordent donc encore ici dans leurs indications. Il est sans doute facile, dans un cas pareil, de reconnaître l'inaptitude du liquide à la fermentation alcoolique, et de l'évaporer à siccité. Mais il est encore plus simple de l'introduire dans un tube, et d'arriver à la même conséquence par sa seule inspection.

» M. Rayer avait pareillement desiré mettre à profit la saignée qu'il avait été obligé de pratiquer à son premier malade, pour savoir si le sucre de diabète s'infiltrait dans le sérum. Mais, soit par une circonstance propre à l'inflammation, soit parce que nous n'avions pas sous la main de papier à filtre d'une assez grande finesse, ce sérum n'a pas pu être débarrassé d'un caractère opalin qui a rendu l'observation optique impossible. C'est le seul obstacle qu'il faudrait surmonter pour décider ainsi cette question; et même l'épreuve aurait alors un degré de précision tout spécial. Car j'ai depuis long-temps reconnu que le sérum du sang, dans l'état de santé, exerce un pouvoir rotatoire dirigé vers la gauche, probablement en raison de l'albumine qu'il renferme, laquelle agit aussi dans ce sens. C'est ce que l'on peut aisément constater, soit sur le sérum même, soit sur le blanc d'œuf non coagulé. Maintenant, si le sucre des diabétiques s'infiltre en quelque proportion dans leur sang, il devra s'en dissoudre dans l'eau du sérum. Alors le pouvoir propre de ce liquide en sera affaibli ou même in-

terverti. Et il suffirait de bien petites quantités pour que le premier de ces effets, ou même le second devînt immédiatement manifeste. On devra observer une direction semblable de la rotation vers la gauche dans les néphrites purement albumineuses, lorsque les urines seront assez transparentes, ou auront été assez décolorées pour laisser passer la lumière; si toutefois la matière qu'elles renferment, et par laquelle on les désigne, est en effet de l'albumine, identique à celle du blanc d'œuf ou du sérum.

» Mais déjà, en bornant l'application des caractères optiques aux autres cas que j'ai indiqués, et dont j'ai rapporté des exemples, on voit qu'ils fourniront un diagnostic sûr, exact, et de l'application la plus facile, pour constater en un moment l'état diabétique des secrétions urinaires. Par là on pourra reconnaître le commencement de cette maladie dès ses premiers indices, en discerner immédiatement les diverses particularités, la suivre dans toutes ses phases, aux diverses époques de chaque jour. On en conclura donc instantanément les effets, bons ou mauvais, du régime auquel on soumet les malades, ainsi que des spécifiques qu'on pourrait vouloir essayer sur eux. Qu'il me soit permis d'exprimer le vœu que je forme pour que les habiles praticiens, qui dirigent nos grands hôpitaux, établissent au moins dans un de ces asiles des maladies du peuple, l'appareil simple, et j'ose à peine ajouter peu coûteux, qui pourra leur donner en un moment, à la seule inspection, les indications qu'ils s'efforcent d'obtenir par des procédés bien plus complexes. Sans doute, dans leurs mains, il pourra fournir encore bien d'autres applications utiles, qu'eux seuls sauront suivre, ou même concevoir (1). »

---

(1) Dans une autre communication, j'indiquerai les petites corrections qu'il faut faire aux déviations immédiatement observées à l'œil nu, à travers les urines colorées, pour obtenir les mêmes résultats que si on les eût observées à travers un même verre rouge, ce qui rend les déviations, ainsi réduites, exactement comparables entre elles. Je prouverai aussi, d'après les lois générales des phénomènes rotatoires, que si ces déviations devenues comparables, sont opérées par une même substance active, dissoute en diverses proportions dans un milieu inactif, leurs valeurs, calculées pour des épaisseurs égales, seront proportionnelles aux quantités pondérales de substance active contenues *dans l'unité de volume* des solutions observées; de sorte que, si ce poids absolu est connu pour l'une d'elles, il le sera pour toutes les autres, d'après la déviation opérée, sans qu'on ait besoin d'observer la densité des solutions, qui n'intervient pas dans le rapport dont il s'agit. On a pu remarquer que j'ai fait ici plusieurs fois usage de ce théorème. BIOT.

MM. **Magendie** et **Roux** annoncent l'intention de faire établir dans les hôpitaux auxquels ils sont attachés des appareils de polarisation, et prient M. Biot de vouloir bien les aider de ses conseils pour la réalisation de ce dessein. M. Biot accepte cette invitation avec beaucoup de reconnaissance.

M. **Augustin Cauchy** fait hommage à l'Académie des deux opuscules suivants :

1°. La 11e livraison de ses *Exercices d'Analyse et de Physique mathématique ;*

2°. Une addition au Mémoire *Sur le développement de la fonction perturbatrice* (inséré dans les nos 11 et 12 des *Comptes rendus* de 1840, 2e semestre).

RAPPORTS.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Rapport sur une pompe de* M. **Milch**.

(Commissaires, MM. Coriolis, Gambey, Savary rapporteur.)

« Les pompes sont des appareils tellement multipliés, on a combiné leurs dispositions de tant de manières différentes, qu'il est rare de rencontrer en ce genre quelque chose de nouveau, et difficile d'affirmer que rien de semblable à ce qui paraît neuf n'ait déjà été proposé.

» Cependant nous ne croyons pas que l'on rencontre ailleurs la combinaison ingénieuse d'éléments connus dont se compose la pompe de M. Milch.

» C'est une pompe à jet continu, à un seul corps, à un seul piston. Quant à ces dispositions générales, c'est la pompe à double effet imaginée par Lahire, il y a plus d'un siècle.

» Le piston est un long cylindre tourné, dont le diamètre est plus petit que le diamètre intérieur du corps de pompe; les garnitures sont ces rondelles de cuir ambouti, dont la presse hydraulique de Bramah offre le premier exemple, mais que l'on a depuis appliquées aux pompes ordinaires à simple effet.

» Ce qui nous semble appartenir à M. Milch, c'est l'ajustement de ce système approprié à la pompe de Lahire.

» Le corps de pompe unique se compose de deux portions de cylindre égales, fermées à un bout, ouvertes à l'autre, portant chacune à l'extrémité

ouverte un rebord plat et circulaire. Ce sont deux chapeaux dont les rebords s'appliquent l'un sur l'autre et se boulonnent ensemble. Entre ces rebords est maintenu et fortement pressé le contour extérieur de deux rondelles de cuir, dont le bord intérieur et libre est ambouti en sens contaire, de manière à se replier vers les deux bases opposées du corps de pompe. Un anneau de corde sépare ces deux lèvres de cuir qui pressent le piston cylindrique, mais par une très petite étendue seulement; car la résistance de frottement est proportionnelle à cette étendue de contact. Au reste il est très facile de régler l'ajustement d'une manière convenable, et l'on obtient ainsi une séparation parfaite des deux moitiés du corps de la pompe, dans quelque sens que le piston foule ou aspire.

» Avec cette disposition la course du piston n'est limitée que par les bases mêmes du corps de pompe. Mais l'avantage principal et commun, du reste, aux ajustements de ce genre, c'est la facilité d'exécution, d'entretien et d'installation. A la place de cylindres creux, que l'on n'a pas partout les moyens d'aléser exactement et de réparer, lorsqu'ils ont souffert, il n'y a plus qu'un cylindre à dresser extérieurement au tour.

» Quant aux proportions, la pompe de M. Milch est bien entendue. Les tuyaux, les soupapes de communication sont larges et ne donnent naissance, par suite des étranglements de la colonne liquide, qu'à une faible perte d'effet utile.

» Quant à l'effet utile entier, il serait difficile, bien que nous ayons vu fonctionner la pompe d'une manière satisfaisante, de l'évaluer avec précision. L'action des hommes est trop incertaine, les résistances sont trop variables suivant le soin avec lequel l'appareil est monté, pour qu'un simple essai, sans durée, puisse être employé comme base, avec confiance. La discussion des dispositions mêmes de la machine, là où toutes les causes de perte de force sont bien connues, est une meilleure garantie, et, sous ce rapport, la pompe de M. Milch nous semble dans de très bonnes conditions.

» Nous proposons donc à l'Académie de remercier M. Milch de cette communication. »

Les conclusions de ce Rapport sont adoptées.

NOMINATIONS.

L'Académie procède à l'élection d'un membre qui remplira, dans la section de Physique, la place vacante par suite du décès de M. Poisson.

La liste présentée par la Section est la suivante :

1° M. Despretz;
2° M. Cagniard-Latour;
3° MM. Péclet et Peltier (*ex æquo*);
4° M. Duhamel.

Le nombre des votants est de 60.

Au premier tour de scrutin,

M. Duhamel obtient	38 suffrages;
M. Despretz.......	20
M. Peltier.........	2

M. **Duhamel**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est déclaré élu. Sa nomination sera soumise à l'approbation du Roi.

MÉMOIRES LUS.

CHIMIE. — *Recherches médico-légales sur l'arsenic; par* MM. **Danger** *et* **Ch. Flandin.**

(Commission précédemment nommée pour diverses recherches sur l'emploi de l'appareil de Marsh.)

« Le 23 novembre dernier, en adressant à l'Académie un paquet cacheté, nous avons annoncé que nous nous occupions de recherches médico-légales relatives à l'arsenic. Bien que le travail que nous poursuivons ne soit pas terminé, nous croyons devoir faire connaître dès à présent quelques résultats qui nous paraissent ne pouvoir être trop tôt publiés.

» Les procédés de carbonisation en usage ne nous ayant pas donné des produits identiques, selon l'état des matières animales, selon la quantité des réactifs ou la manière de les employer, nous avons dû chercher le mode le plus sûr pour obtenir de l'appareil de Marsh son *maximum* de

résultat. A force de recherches, nous sommes arrivés à un procédé qui nous a permis de manifester un grand nombre de taches sur des quantités de chair très minimes.

» Cinq grammes de chair musculaire nous ont donné trois soucoupes remplies de taches. La même quantité du foie d'un adulte, du cœur d'un enfant, ne nous ont pas donné un résultat moindre.

» Frappés de la similitude de ces taches avec celles que produit l'arsenic, nous les avons soumises à des réactions comparatives. Dans l'un comme dans l'autre cas la flamme offre les mêmes modifications; une odeur fortement alliacée s'exhale; les taches sont également miroitantes et volatiles; elles se dissolvent dans l'acide azotique et donnent des précipités de même couleur que les dissolutions arsénicales, soit qu'on les traite par l'acide sulfhydrique ou l'azotate d'argent.

» Par cette coïncidence si remarquable, persuadés de l'existence de l'arsenic dans les tissus animaux, nous avons été conduits à chercher à déterminer en quelle proportion cet arsenic se trouvait assimilé ou combiné avec nos organes. Mais alors, quels qu'aient été nos moyens d'investigation, il nous a été impossible de ramener à l'état métallique la matière qui nous donnait tant de taches. Et cependant nous trouvions des quantités infiniment petites d'autres métaux mêlés accidentellement aux matières sur lesquelles nous opérions. Ainsi obtenions-nous de l'antimoine sur 50 grammes du cadavre d'un individu que nous avons su, après l'expérience, avoir pris de l'émétique dans les derniers jours de sa vie.

» Il est résulté de là, pour nous, un doute sur la nature arsénicale des taches que nous obtenions si facilement et en si grande abondance des matières animales non empoisonnées. Ce doute nous a forcés à examiner isolément et avec plus d'attention les divers composés qui prennent naissance pendant la carbonisation. Nous avons reconnu que plus il se produisait simultanément de sulfite d'ammoniaque, d'huile volatile animale et de phosphore à divers degrés d'oxidation, plus on obtenait de taches au moyen de l'appareil de Marsh. Nous avons fait une synthèse. Nous avons fait passer un courant d'acide sulfureux dans de l'ammoniaque à laquelle nous avons ajouté quelques gouttes d'huile essentielle de térébenthine. Après la complète saturation de l'ammoniaque, nous avons introduit le mélange dans l'appareil de Marsh Immédiatement nous avons obtenu des taches identiques, sous tous les rapports, à celles que nous avait données la matière animale: coloration de la flamme, odeur d'ail, réactions avec l'azotate d'argent et l'acide sulfhydrique, rien ne diffère,

surtout quand le mélange contient des traces de phosphite d'ammoniaque. Nous présentons ici un échantillon de taches ainsi obtenues.

» Admettrons-nous que ces taches sont de nature arsénicale? Il faudrait alors admettre que nous formons l'arsenic de toutes pièces. Telle n'est pas notre opinion. Nous sommes parvenus à isoler la matière qui donne des taches avec l'appareil de Marsh. Elle est composée de sulfite et de phosphite d'ammoniaque, unis à une petite quantité de matière organique. Il suffit de mettre quelques milligrammes de cette matière dans un appareil de Marsh pour obtenir immédiatement des taches. Mais comme dans le traitement qui nous a servi à isoler cette matière, nous avons détruit une partie de l'huile volatile qu'elle contenait, il est nécessaire de la lui rendre, si l'on veut obtenir des taches très prononcées.

» Nous tirons de ces faits les conclusions suivantes :

» 1°. Il n'existe pas d'arsenic *normal* dans les chairs des animaux.

» En existe-t-il dans les os, dans le terreau de certains cimetières? Nous traiterons très prochainement ces questions devant l'Académie.

» 2°. Les taches que fournissent, avec l'appareil de Marsh, les matières animales non empoisonnées, ne sont que l'effet d'une réaction des sulfite et phosphite ammoniacaux sur une huile volatile organique, sous l'influence d'une force électro-chimique.

» Dans une communication qui fera suite à celle-ci nous indiquerons les moyens d'isoler complétement les véritables taches arsénicales et de les distinguer d'avec celles qui en présentent à un si haut degré les apparences. En outre, nous ferons connaître un nouveau procédé qui permettra d'éviter toute confusion à cet égard et qui donnera immédiatement l'arsenic à l'état métallique.

» La matière animale à l'une des phases du traitement que nous lui faisons subir, et dans la condition où la montre l'échantillon que nous mettons sous les yeux de l'Académie, est à un état stable qui permet de la conserver indéfiniment. Pour exécuter cette préparation il n'est nul besoin d'un chimiste. Ainsi, qu'une expertise médico-légale soit demandée dans une localité qui manque d'hommes habitués aux recherches toxicologiques, il suffira au magistrat instructeur de faire préparer par un pharmacien telle ou telle partie du cadavre sur lequel il s'agit de retrouver le poison, et d'envoyer la matière ainsi préparée à des chimistes de profession pour en faire l'analyse. De la sorte tout déplacement peut être évité aux experts juridiques, et l'analyse médico-légale être toujours confiée aux mains les plus habiles. »

PHYSIQUE. — *Recherches expérimentales sur le mouvement des liquides dans les tubes de très petits diamètres; par* M. le docteur **Poiseuille** (Suite.)

(Extrait par l'auteur.)

(Commissaires, MM. Arago, Savart, Savary, Piobert.)

II. *Influence de la longueur sur la quantité de liquide qui traverse les tubes de très petits diamètres.*

« Pour déterminer l'influence que peut avoir la longueur du tube, nous avons cherché les temps que met à s'écouler une même quantité de liquide, sous la même pression, et à la même température, en donnant au tube différentes longueurs.

» Mais cette marche exige que les tubes de verre soient parfaitement cylindriques; il n'en est point ainsi, tous sont coniques : cependant en faisant un choix sur plusieurs centaines de tubes, nous en avons trouvé un certain nombre qui, s'ils ne sont pas rigoureusement cylindriques, peuvent être considérés comme tels, par suite des petites différences de $0^{mm},001$ à $0^{mm},002$ qu'offrent leurs diamètres aux deux extrémités, pour une étendue de 100^{mm} à 150^{mm}. On a eu le soin de noter ces petites différences dans les diamètres des extrémités de chaque tube, et d'en tenir compte dans les résultats qu'on a obtenus.

» Les diamètres ont été mesurés par deux moyens: dans l'un, on s'est servi de la *camera lucida* adaptée au microscope horizontal d'Amici, après avoir toutefois déterminé le pouvoir amplifiant des lentilles, à l'aide d'un micromètre ; dans l'autre moyen on a fait passer un grand nombre de fois une certaine quantité de mercure à travers le tube dont on voulait avoir le diamètre, on a mesuré chaque fois la longueur de la colonne de mercure correspondante, on a recueilli toutes ces petites quantités de mercure, on en a déterminé le poids à l'aide d'une balance de Fortin, et par suite le volume; en divisant ce volume par la somme de toutes les colonnes de mercure, on a obtenu, pour la température à laquelle on a opéré, la surface d'une coupe du tube perpendiculaire à son axe, et conséquemment le diamètre du tube, ou son diamètre moyen s'il est ovalaire. L'un et l'autre mode ont conduit aux mêmes résultats; mais le second exigeant un temps très considérable : nous avons préféré le premier, qui a d'ailleurs l'avantage de donner les petites différences qui peuvent exister entre les diamètres du tube, lorsqu'il est ovalaire, comme il arrive le plus souvent.

» Les longueurs des tubes ont été déterminées à l'aide d'un compas à verges de M. Gambey ; à ce compas est adapté un vernier qui donne des vingtièmes, et, au besoin, des quarantièmes de millimètre.

» D'après ce que nous savons de la loi des pressions, il était indifférent de prendre telle ou telle charge dans l'écoulement ; nous avons adopté la pression de 775^{mm} de mercure ; quant à la température, nous avons agi à 10° cent.

» Rapportons maintenant les résultats que nous avons obtenus.

» La longueur du tube est de $100^{mm},325$, ses diamètres sont :

Extrémité libre circulaire.. $D = 0^{mm},0845$. Extrémité opposée.. $\begin{cases} d = 0^{mm},085; \\ D = 0,086. \end{cases}$

On sépare successivement de ce tube diverses portions, on a les longueurs $100^{mm},325$; $74^{mm},95$; $49^{mm},7$; $24^{mm},4$; $10^{mm},15$; $6^{mm},025$.

» Remarquons que le tube primitif étant, à son extrémité libre, d'un calibre sensiblement plus petit qu'à l'extrémité opposée, tout tube de moindre longueur est alors d'un diamètre sensiblement plus grand que celui qui le précède.

» Les temps que met à s'écouler le liquide de l'ampoule, pour les longueurs précédentes, sont respectivement, 2090",8 ; 1560" ; 1028",4 ; 497" ; 203",14 ; 131",2.

» Supposons pour un instant que les temps soient en raison directe des longueurs des tubes, et cherchons, d'après cette hypothèse, le temps d'une expérience, en la comparant à celle qui la précède immédiatement, on aura pour le temps de la 2ᵉ expérience, 1562" au lieu de 1560";

Pour celui de la 3ᵉ, 1034" au lieu de 1028",4;
Pour celui de la 4ᵉ, 504" au lieu de 497";
Pour celui de la 5ᵉ, 205" au lieu de 203",14.

Les temps obtenus expérimentalement sont, comme on le voit, tous plus petits que les temps calculés, mais de *quelques secondes seulement ;* aussi sommes-nous déjà conduit à penser que l'hypothèse des temps en raison directe des longueurs, est tout-à-fait fondée; car s'il en est ainsi, les temps obtenus par l'expérience doivent être tous sensiblement moindres que ceux qui résultent de notre hypothèse, puisque tout tube de moindre longueur étant d'un calibre sensiblement plus grand que celui du tube qui le précède, et auquel on le compare, le temps correspondant à l'é-

roulement d'une même quantité de liquide doit être nécessairement sensiblement plus petit.

» Mais si le tube, au lieu d'avoir, comme le précédent, son extrémité libre d'un plus petit diamètre que celui de l'extrémité voisine de l'ampoule, offre une disposition contraire; si l'on a

Extrémité libre...	$d = 0^{mm},0460$, $D = 0,0470$,	Extrémité voisine de l'ampoule.	$d = 0^{mm},0425$, $D = 0,0445$,

et qu'on procède à l'égard de ce tube, comme nous venons de le faire précédemment; alors les temps obtenus expérimentalement sont, au contraire, tous plus grands de *quelques secondes* que ceux donnés par le calcul en vertu de notre hypothèse; c'est ce qui devait nécessairement arriver, puisque tout tube de moindre longueur est ici d'un calibre sensiblement plus petit que celui qui le précède.

» De là nous croyons pouvoir conclure qu'effectivement, les temps sont en raison directe des longueurs.

» Le premier tube réduit à $6^{mm},025$, et qui pour cette longueur ne présente plus la loi des pressions, n'offre plus la relation que nous venons de constater pour $100^{mm},325$; $74^{mm},95$; $49^{mm},7$; $24^{mm},4$ et $10^{mm},15$; mais de même que nous l'avons vu relativement à la loi des pressions, le temps, lorsque le tube a $6^{mm},025$, est proportionnellement plus grand que celui que donnerait la relation des temps en raison directe des longueurs; ainsi la sixième expérience comparée à la cinquième, donnerait, d'après cette relation, $120'',5$, lorsqu'on obtient par l'expérience $131'',2$.

» Des résultats tout-à-fait analogues sont fournis par des tubes dont les diamètres sont $0^{mm},1416$; $0^{mm},1134$.

» Un tube de diamètres plus petits,

Extrémité libre..	$d = 0^{mm},0286$, $D = 0,0296$,	Extrémité opposée..	$d = 0^{mm},02933$, $D = 0,03000$,

donne pour les longueurs $23^{mm},1$; $8^{mm},5$; $2^{mm},1$, les temps respectivement égaux à $2003'',4$; $734'',9$; $178'',1$; en cherchant, comme précédemment, le temps d'une expérience comparée à la précédente, on trouve, $737'',18$ au lieu de $734'',9$; et $181'',3$ au lieu de $178'',1$.

» Enfin, un tube dont le diamètre est $0^{mm},01394$, et par conséquent peu différent de celui des vaisseaux capillaires des mammifères, donne pour

les longueurs 18^{mm},50 et 1^{mm},25 les temps respectivement égaux à 1240″ et 84″,5; le temps de la seconde expérience comparée à la première serait, d'après la loi des longueurs, 83″,5 au lieu de 84″,5.

» De ce qui précède, nous concluons que les temps de l'écoulement d'une même quantité de liquide, à la même pression et à la même température, pour les tubes de très petits diamètres que nous considérons, sont en raison directe des longueurs qu'ils présentent.

» Le tube de 0^{mm},65 de diamètre, que nous avons cité dans le paragraphe précédent, vient aussi confirmer cette loi, pour les longueurs de 800 millimètres et 400 millimètres.

» Soit a la quantité de liquide écoulé par un tube dont la longueur est L, et pendant le temps t, si la longueur du tube devient $\frac{L}{m}$, le temps qu'exigera la même quantité de liquide a pour s'écouler sera, d'après la loi précédente, $\frac{t}{m}$; alors la quantité de liquide écoulé avec le tube $\frac{L}{m}$ pendant le temps t, sera ma : les produits sont donc en raison inverse des longueurs des tubes.

» Nous pouvons maintenant faire entrer la longueur L du tube dans la formule précédente $Q = kP$, nous poserons $k = \frac{k'}{L}$, et il viendra $Q = k'\frac{P}{L}$, le coefficient k' n'étant plus qu'une certaine fonction du diamètre du tube et de la température, comme nous le verrons bientôt.

» La loi des longueurs existant en même temps que celle des pressions, nous pouvons dire que la relation qui vient d'être établie a lieu aussi pour des tubes de 0^{mm},01 de diamètre, et dont les longueurs seraient de 0^{mm},3 à 0^{mm},5. De là nous pouvons conclure, toutes choses égales d'ailleurs, que tel système capillaire de l'économie, dont les vaisseaux offriraient une étendue en longueur 2, 3, 4 fois moindre que celle des vaisseaux capillaires de tel autre système, donnerait passage à une quantité de liquide 2, 3, 4 fois plus grande que celle qui traverserait ce dernier système.

III. *Influence du diamètre sur la quantité de liquide qui traverse les tubes de très petits diamètres.*

» Dans le but de satisfaire à cette question, nous avons déterminé les quantités de liquide écoulé dans des tubes de diamètres différents, sous la même pression, à la même température, et dans le même temps, les tubes ayant même longueur.

» S'il est rare de trouver des tubes cylindriques, il ne l'est pas moins d'en rencontrer de circulaires; aussi, dans le choix que nous avons fait parmi un très grand nombre de tubes, nous nous sommes arrêté à ceux qui pouvant être considérés comme cylindriques, approchaient le plus d'être circulaires; on a donc trouvé leur ouverture légèrement ovalaire; mais, en la considérant comme *elliptique*, et cela sans erreur sensible, on a pu obtenir le diamètre moyen des tubes.

» Sans entrer ici dans le détail des calculs qu'on a dû faire, et qu'il est facile de concevoir d'après ce qu'il vient d'être dit; nous allons rapporter les résultats que nous ont donnés les expériences faites sur sept tubes de même longueur et dont les diamètres varient de $0^{mm},013$ à $0^{mm},652$.

» La pression est 775^{mm} de mercure; la température 10° centigrades et le temps $500''$: on a le tableau suivant:

TUBES.	DIAMÈTRES EN FRACTIONS DE MILLIMÈTRE.	PRODUITS EXPRIMÉS EN MILLIMÈTRES CUBES.
	mm.	mm. c.
M	0,01394	1,4648
E	0,02938	28,8260
D	0,04373	141,5002
C	0,08549	2067,3912
B	0,11340	6398,2933
A	0,14160	15532,8451
F	0,65217	6995870,2463

» Les diamètres des tubes étant entre eux, en nombres ronds, comme 1, 2, 3, 6, 8, 10 et 50, il a été facile de voir que les produits étaient en raison directe des quatrièmes puissances des diamètres.

» En effet, en cherchant, d'après cette relation, le produit du tube M, comparé au tube E, il vient $1^{mm.c.},4650$ au lieu de $1^{mm.c.},4648$ que donne l'expérience.

» En procédant de la même manière sur les tubes E, D, le produit de E est $28^{mm.c.},808$ au lieu de $28^{mm.c.},826$ obtenus par l'expérience.

	mm.c.		mm.c.
» Le produit du tube D comparé à C est	141,63	au lieu de	141,500,
» Le produit de C comparé à B est	2066,93	au lieu de	2067,39,
» Le produit de B comparé à A est	6389,24	au lieu de	6398,29,
» Le produit de A comparé à F est	15547,10	au lieu de	15532,84.

» Si nous cherchons le produit d'un tube en le comparant à un autre dont le calibre soit beaucoup plus grand, par exemple, M à D, on a pour le produit de M; $1^{mm.c.},46415$ au lieu de $1^{mm.c.},4648$.

» Le diamètre du tube F est environ 50 fois plus grand que celui de M, et par conséquent offre un calibre 2500 fois plus considérable; le produit du tube M comparé à F, est $1^{mm.c.},46448$ au lieu de $1^{mm.c.}4648$.

» Le produit de C comparé à F, est $2065^{mm.c.},92$ au lieu de $2067^{mm.c.},39$.

» Toute autre combinaison de deux tubes donnant des résultats aussi satisfaisants, nous sommes en droit de conclure que les produits, toutes choses égales d'ailleurs, sont entre eux comme les quatrièmes puissances des diamètres.

» En joignant ce résultat à ceux obtenus précédemment, il viendra pour l'équation du mouvement des liquides dans nos petits tubes, D représentant le diamètre, $Q = k'' \frac{PD^4}{L}$, k'' étant un coefficient constant pour la même température et la même intensité de la pesanteur.

» Nous avons déterminé la valeur de k'' pour chacun de ces tubes, en mettant à la place de Q, P, D, L les nombres qui leur correspondent, et en supposant le temps de l'écoulement égal à 1''; on a obtenu :

Pour le tube M....... $k'' = 2495,50$,
Pour le tube E....... $k'' = 2496,00$,
Pour le tube D....... $k'' = 2494,42$,
Pour le tube C....... $k'' = 2497,77$,
Pour le tube B....... $k'' = 2496,20$,
Pour le tube A....... $k'' = 2492,67$,
Pour le tube F....... $k'' = 2495,00$.

Ces valeurs de k'', comme on le voit, diffèrent très peu les unes des autres, la moyenne étant 2495,224; l'équation ci-dessus devient $Q = 2495,224 \frac{PD^4}{L}$ à la température de 10° c. Si la pression, au lieu d'être déterminée, comme nous venons de le faire, par une charge de mercure, l'était par une charge d'eau distillée, la formule deviendrait, toujours à 10° c., $Q = 183,783 \frac{PD^4}{L}$.

» L'expression de la vitesse, tirée de l'équation $Q = k'' \frac{P.D^4}{L}$, est $V = \frac{4k''}{\pi} \cdot \frac{P.D^2}{L}$ (π représentant le rapport de la circonférence au diamètre). Ainsi la vitesse, dans les tubes de très petits diamètres, est proportionnelle à la pression, en raison inverse de leurs longueurs, et proportionnelle au carré de leurs diamètres.

» La formule de M. Navier, déduite par l'analyse, d'hypothèses faites *à priori* sur l'état des molécules fluides en mouvement, est $V = H.\frac{P.D}{L}$ (H étant un coefficient constant); elle diffère de la précédente en ce qu'elle contient la première puissance du diamètre du tube, au lieu de la seconde.

» Les dimensions des tubes capillaires de l'économie animale, étant telles que les lois du mouvement des liquides que nous venons d'établir, s'y appliquent parfaitement; il résulte qu'en considérant les systèmes capillaires de deux organes, si les vaisseaux capillaires de l'un sont, par exemple, d'un diamètre 2 fois plus grand que celui des capillaires de l'autre, il passera dans le premier, toutes choses égales d'ailleurs, 16 fois plus de liquide que dans le second.

» Il serait important d'examiner si l'équation $Q = k'' \frac{P.D^4}{L}$ existerait encore pour des tubes de diamètres plus grands que ceux que nous avons considérés. Les expériences de Dubuat, de Gerstner et de M. Girard, faites sur des tubes de diamètres compris entre 1 et 4 millimètres, ne s'appliquent point à notre formule; mais les résultats que nous a offerts le tube de $0^{mm},65$ de diamètre, d'un calibre beaucoup plus considérable que celui de nos autres tubes, coïncidant avec ceux de ces derniers, lorsque toutefois sa longueur est suffisamment grande, nous font présumer que les tubes employés par ces auteurs ne présentaient pas une longueur assez étendue, eu égard à leurs diamètres, pour que les phénomènes de mouvement qui s'y rapportent pussent s'accorder avec la formule $Q = k'' \frac{P.D^4}{L}$. Nous nous sommes alors proposé d'agir sur des tubes de plus grand calibre, en leur donnant une étendue de plus en plus considérable; mais notre appareil qui, pour le tube de $0^{mm},65$ de diamètre, présente déjà quelque difficulté, ne peut se prêter à ces sortes de tubes; il nous aurait fallu en construire un autre tout-à-fait différent de celui que nous avons employé, et qui aurait exigé des dispositions qu'il était impossible de rencontrer dans

notre laboratoire; mais, avec l'aide de M. Savart, qui a bien voulu mettre à notre disposition une partie de son observatoire hydraulique du Collége de France, nous espérons pouvoir étendre ces recherches à des tubes de dimensions beaucoup plus considérables, et déterminer quelles sont les limites de grandeur pour lesquelles les lois du mouvement des liquides que donnent les tubes de très petits diamètres cessent d'exister.

» Il nous resterait maintenant à exprimer la valeur de k'' qui, pour 10° c., est égale à 183,78, en fonction de la température; nous avons agi depuis 0° jusqu'à 45° c. et de 5 en 5 degrés; nous avons vu pour nos tubes de petits diamètres, que la quantité de liquide écoulé à 45° était environ trois fois plus grande qu'à 0°. Mais, dans la crainte d'abuser plus long-temps des moments de l'Académie, nous remettrons cette valeur de k'' à une prochaine lecture. »

MICROGRAPHIE. — *Études des masses spongillaires; par* M. Laurent.
(Extrait par l'auteur.)

(Commission précédemment nommée, à laquelle sont adjoints MM. de Mirbel et Dutrochet.)

« A l'aide des observations faites sur les corps reproducteurs, sur les embryons et sur les individus à l'état parfait de Spongilles, jointes aux observations de soudure entre des fragments de ce corps organisé, on peut soupçonner le caractère zoologique des masses spongillaires.

» Pour arriver à la démonstration du caractère de ces masses, il faut mettre à profit ces notions préliminaires et procéder à deux ordres d'observations comparatives.

» Le premier ordre de ces observations comprend l'expérimentation de la soudure qu'on peut obtenir dans des vases à eau stagnante en opérant sur les diverses sortes d'embryons, sur des fragments et sur des individus spongillaires à l'état parfait.

» Les résultats de ces premières observations comparatives ne doivent être considérés que comme des données préparatoires, nécessaires pour procéder au deuxième ordre d'observations comparatives. Celles-ci doivent être faites en même temps, 1° dans les vases à eau stagnante; 2° dans un bassin à eau courante, et 3° dans les divers habitats naturels des Spongilles.

» Il résulte de toutes ces observations, répétées un grand nombre de fois:

» 1°. Que les masses spongillaires ne sont point des individus gigantesques, ni des successions de générations vivantes agglomérées les unes sur les autres;

» 2°. Qu'on obtient expérimentalement et qu'on peut recueillir naturellement des masses spongillaires naissantes;

» 3°. Qu'on arrive directement par l'expérience, et par l'observation dans les sites naturels, à constater que toutes les masses spongillaires proviennent du rapprochement naturel, éventuel ou artificiel, de la soudure soit d'individus de divers âges, soit de masses plus petites. Les nombreuses variétés de masses spongillaires peuvent être distribuées en trois principaux groupes :

PREMIER GROUPE.

Masses spongillaires provenant de la soudure des diverses sortes d'embryons.

1° Masses spongillaires par soudure d'embryons ciliés, libres;
2° — — d'embryons ciliés, retenus;
3° — — d'embryons cayeux;
4° — — d'embryons d'œufs de première saison;
5° — — d'embryons d'œufs d'arrière saison;
6° — — de fragments de ces diverses sortes d'embryons.

DEUXIÈME GROUPE.

Masses spongillaires provenant de la soudure d'individus spongillaires à l'état parfait.

1° Masses spongillaires par soudure d'individus tous contemporains;
2° — — d'individus.. { les uns du même âge, les autres d'âges différents;
3° — — d'individus tous de divers âges.

TROISIÈME GROUPE.

Masses spongillaires provenant de la soudure de masses plus petites.

1° Masses de jeunes masses d'embryons spongillaires;
2° Masses de masses d'individus spongillaires à l'état parfait;
3° Masses composées d'agglomérats d'embryons et de masses d'individus spongillaires à l'état parfait.

» Pour parvenir à expliquer toutes les irrégularités de forme des masses spongillaires, il faut, connaissant leur caractère zoologique, avoir égard

aux formes des divers corps sous-fluviatiles, flottants ou immobiles, auxquels elles adhèrent, et tenir compte de la rapidité, de la lenteur du courant ou de la stagnation de l'eau dans les divers sites naturels qu'habitent les Spongilles.

» La durée de la vie des masses spongillaires est subordonnée à l'identité et à la diversité des âges plus ou moins avancés des individus ou des masses qui entrent dans leur composition.

» La mort de ces masses, de même que celle des individus spongillaires, est produite normalement par deux sortes d'atrophie dont l'une est caractérisée par la raréfaction, et l'autre par le racornissement graduel du tissu vivant. »

MICROGRAPHIE. — *Résultats d'observations microscopiques faites sur les corps reproducteurs libres et vagants de l'*Ectosperma clavata*, et sur les embryons ciliés libres de la Spongille; par* M. Laurent.

(Commission précédemment nommée, à laquelle sont adjoints MM. de Mirbel et Dutrochet.)

« La nécessité de porter, autant que possible, une vive lumière sur les caractères communs et différentiels des corps organisés placés aux dernières limites de leur règne respectif, n'a pas besoin d'être démontrée.

» Convaincu de la nature entièrement animale de la Spongille, et par analogie de tous les spongiaires, j'ai saisi l'occasion de controverser moimême l'opinion que j'ai émise à ce sujet dans une Notice adressée à l'Académie, dans sa séance du 17 septembre 1838.

» Étant parvenu, en novembre dernier, à me procurer abondamment les corps reproducteurs libres et vagants de l'*Ectosperma clavata*, au moment où je possédais encore quelques embryons ciliés et libres de Spongilles, je me suis empressé d'étudier comparativement ces deux corps organisés, en employant les procédés convenables.

» Unger (*Nova Acta physico-medica.... Naturæ curiosorum*, T. XIII, Part. II) ayant publié en 1825 sa découverte des corps reproducteurs de l'*Ectosperma clavata*, et ayant donné une description exacte de leurs mœurs, je n'ai pu que confirmer ses observations; mais il m'importait beaucoup de déterminer les organes du mouvement de véritable translation ambulatoire de cet embryon végétal, et dans ce but, j'ai placé un grand nombre de ces embryons ambulants dans un verre de montre qui contenait des embryons ciliés de Spongilles nageants dans l'eau, et j'ai observé ces deux sortes d'embryons, à l'œil nu, au microscope simple et

au microscope composé, depuis le grossissement de 50 diamètres jusqu'à celui de 900.

» Il résulte de ces observations comparatives :

» 1°. Qu'en novembre, les embryons ciliés et libres des Spongilles se meuvent encore deux ou trois jours de suite, tandis que les embryons ambulants de l'*Ectosperma clavata* ne tardent pas à se fixer aux parois du verre. Leurs mouvements cessent au bout de deux heures, d'une heure, et même quelques instants après qu'on les a recueillis;

» 2°. Qu'en portant sous le microscope composé ces deux sortes d'embryons vagants, on peut voir facilement au grossissement de 2 à 300 diamètres, sous un jour très favorable, les cils locomotiles de l'embryon spongillaire, tandis qu'on ne peut en découvrir sur l'embryon ectospermaire. Un courant très manifeste est produit autour de l'embryon de la Spongille, tandis qu'on n'en voit pas autour de celui de l'*Ectosperma clavata;*

» Ces observations microscopiques ont été faites d'abord sur les deux sortes d'embryons placés l'un près de l'autre, ensuite à distance, mais sur le même glissoir en verre, et enfin sur un seul embryon de chaque sorte disposé chacun à part sur son glissoir;

» 3°. Qu'en augmentant beaucoup plus le grossissement pour tâcher de découvrir les organes du mouvement de l'embryon ectospermaire, j'ai pu parvenir une seule fois à voir autour de cet embryon un tourbillonnement de globules excessivement petits;

» 4°. Que les embryons ectospermaires vagants ressemblent beaucoup aux embryons spongillaires ambiants, sous le rapport de leur forme ellipsoïde et de la translucidité de leur extrémité la plus volumineuse qui est toujours en avant pendant la locomotion, et sous celui de la vitesse et de la direction variée de leurs mouvements; mais que les embryons ectospermaires ont toujours une couleur verte très prononcée, tandis que les embryons spongillaires retirés artificiellement ou sortis naturellement des Spongilles les plus vertes nous ont toujours paru jusqu'à ce jour être blancs, quoique les embryons cayeux de ces mêmes Spongilles vertes soient aussi verts que leur mère. Les embryons ectospermaires sont un peu plus petits que les spongillaires. »

CHIMIE APPLIQUÉE. — *Sur l'éclairage au gaz de la houille; par* M. CH. BLONDEAU DE CAROLLES. (Extrait.)

(Commissaires, MM. Arago, Thenard, Savary, Pelouze.)

« Au milieu des progrès continuels que font les diverses branches de

l'industrie, l'éclairage au gaz seul est demeuré stationnaire, et les usines chargées d'éclairer aujourd'hui la capitale fonctionnent d'après les mêmes principes et sont construites sur les mêmes bases que celles qui furent établies à l'époque de l'introduction en France du nouvel éclairage.

» Sans rechercher ici les causes d'un pareil phénomène, on ne saurait admettre toutefois que cette industrie aient atteint dès son origine le dernier degré de perfection. Le moindre examen suffit pour faire reconnaître combien l'emploi du gaz est encore soumis à des inconvénients que la science doit chercher à faire disparaître, encouragée qu'elle est par le développement journalier de ce nouveau mode d'éclairage.

» En étudiant la question de l'éclairage par le gaz, il n'est pas difficile de reconnaître que la décomposition de la houille est imparfaite, l'épuration du fluide vicieuse, son mesurage inexact, et la régularisation de la flamme tout-à-fait nulle. C'est sur les perfectionnements à apporter à ces quatre parties essentielles de cette industrie que j'ai dirigé mes recherches.

» Le rendement de la houille n'a point augmenté depuis qu'on s'occupe à extraire de ce combustible minéral la lumière qui sert à nous éclairer. On doit même le reconnaître, de nos jours on est moins avancé qu'en 1727, époque à laquelle le docteur Hales retirait de 158 gr. de charbon de Newcastle, 180 pouces cubes de gaz (340 lit. par kil.). Aujourd'hui on n'obtient généralement que 230 à 250 lit. par kil. de combustible.

» Une des causes qui se sont opposées à tout perfectionnement dans les procédés de décomposition de la houille, provient de ce qu'on a toujours cru en fabrique que la qualité du gaz diminue en même temps que la quantité augmente, de sorte qu'il s'établit une compensation telle, que l'on doit se contenter de la quantité obtenue sans chercher inutilement à l'augmenter.

» Cette opinion erronée s'appuyait sur une donnée scientifique : on croyait que si à une basse température la houille produisait peu de gaz, du moins elle se transformait presque complétement en bicarbure d'hydrogène, gaz très éclairant, tandis qu'à une température élevée, l'hydrogène proto-carboné, qui prenait naissance en plus grande quantité, ne donnait pas une somme de lumière égale à celle qu'on obtient au moyen du gaz bicarboné. On ne saurait admettre cette explication depuis que l'on sait que les gaz ne doivent leur pouvoir lumineux qu'à la présence des produits volatils qui les accompagnent, les saturent et leur communiquent, quelle que soit leur nature, un pouvoir lumineux suffisant.

» D'après cela il s'agissait de rechercher en premier lieu quelle était la quantité de gaz à laquelle un kil. de houille pouvait donner naissance, afin de connaître le point vers lequel on doit tendre en fabrique, puis

déterminer les circonstances dans lesquelles la houille doit être placée pour pouvoir approcher de cette limite.

» Après avoir démontré qu'un kilog. de houille peut donner naissance à 510 litres de gaz propre à l'éclairage, et qu'il n'en fournit que 250 au maximum dans la pratique, j'ai prouvé que cela tenait au mauvais système de distillation en usage, et qu'il fallait, pour se rapprocher du nombre que l'analyse indique, que la houille disposée en couches peu épaisses, se trouvât en contact immédiat avec les parois de l'appareil, de manière à ce que ses éléments, saisis par l'action d'une forte chaleur, se réunissent sous forme de fluide élastique permanent, auquel on doit encore faire parcourir un long trajet le long de surfaces chaudes pour opérer la décomposition complète des parties bitumineuses qu'il entraîne.

» C'est en mettant ces principes en pratique que je suis parveau à retirer de la houille 380 litres de gaz par kil., c'est-à-dire 130 litres de plus qu'en fabrique.

» Si la décomposition de la houille est imparfaite, l'épuration du gaz qui en provient laisse aussi beaucoup à desirer. Outre l'hydrogène sulfuré, dont on ne se donne pas toujours la peine de le dépouiller, il contient encore de l'ammoniaque et du sulfure de carbone que l'on n'a jamais cherché à lui enlever. La chaux dont on se sert dans l'épuration ordinaire décompose le sulfhydrate d'ammoniaque, s'empare de l'hydrogène sulfuré, met en liberté l'ammoniaque qui vient se mêler au gaz de l'éclairage et lui communique une odeur désagréable en même temps qu'il diminue son pouvoir lumineux. Il fallait s'emparer de ce gaz avant son arrivée dans les gazomètres: c'est ce que j'ai fait en me servant du coke recouvert d'une couche de chlorure de calcium, substances qui jouissent l'une et l'autre de la propriété d'absorber l'ammoniaque.

» Le soufre que contient la houille venant à réagir sur le carbone à une haute température, produit un sulfure de carbone que l'on peut rendre moins volatil en le mettant en contact avec le soufre qu'il dissout. Une couche de soufre jointe à une couche de coke légèrement imprégné de chlorure de calcium, suffit pour compléter l'épuration et empêcher que le gaz ne produise en brûlant du gaz sulfureux, qui, mêlé à la vapeur d'eau, altère les couleurs soumises à son action.

» Ayant reconnu que tous les compteurs dont on se sert pour constater la consommation du gaz sont sujets à de nombreuses causes d'erreur, j'ai cherché un mode de mesurage plus exact, en me servant de principes autres que ceux que l'on a mis à contribution jusqu'ici. Mon procédé est

fondé sur cette considération, que le gaz de l'éclairage est saturé de vapeur d'eau à la température à laquelle s'effectue sa combustion, en sorte qu'on peut, en absorbant cette vapeur au moyen de substances avides d'eau, telles que la chaux, la potasse, le chlorure de calcium, déterminer, par l'augmentation de poids de ces matières, la quantité de gaz consommé. En abandonnant la mesure des volumes pour recourir aux pesées, on suivrait la marche qui a été généralement adoptée en chimie, science à laquelle l'usage de la balance a rendu de si grands services en lui permettant de mettre plus de précision dans ses mesures.

» Enfin, je parviens à régulariser l'émission du gaz au moyen d'un appareil dont la simplicité est telle, qu'il n'apporte aucune complication dans le service de l'éclairage. »

Un **Anonyme** adresse, pour le concours de Statistique, une Note ayant pour titre : *Statistique du département de la Haute-Loire*. Le nom de l'auteur est inscrit sous pli cacheté.

(Commission de Statistique.)

M. **Percheron** adresse, pour le concours au prix concernant les moyens de rendre un art ou un métier moins insalubre, un Mémoire sur le *rouissage des lins et des chanvres*.

(Commission des Arts insalubres.)

M. **Betoulle** adresse une Note sur un *niveau à eau à l'usage des arpenteurs*, avec une suite de tableaux pour la mesure absolue des hauteurs au moyen d'opérations faites avce cet instrument.

(Commissaires, MM. Mathieu, Puissant, Gambey.)

CORRESPONDANCE.

MÉTALLURGIE. — *Sur la soudabilité des métaux et sur le damassé d'or et d'argent; par* M. J. **Fournet**.

» C'est un préjugé admis en chimie, que parmi tous les métaux il n'y a que le fer et le platine qui jouissent de la propriété de se souder à eux-mêmes sans fusion préalable. Cependant quand on voit deux lames de plomb,

parfaitement polies, acquérir par la simple pression une telle adhérence l'une pour l'autre, que malgré l'imperfection du contact, il faut un poids de plusieurs livres pour opérer la séparation, et qu'après cette disjonction les surfaces présentent de véritables étirements, on arrive à concevoir que le plomb lui-même doit être rangé au nombre des métaux soudables, avec cette seule différence qu'au lieu d'exiger une température plus ou moins élevée, il possède déjà, dans les circonstances ordinaires, la molesse suffisante pour que la soudure puisse avoir lieu.

» Cette dernière considération m'a fait entrevoir la possibilité de traiter diverses poussières métalliques de manière à les amener à un état d'agglomération, de ductilité et de cohésion parfaites sans passer par l'intermédiaire de la fusion. J'exceptai pourtant du nombre les métaux aigres et fragiles, car le choc du marteau et la pression détruisent leur agrégation au lieu de l'augmenter. Cependant il serait peut-être possible de trouver des circonstances favorables à la cohésion de quelques-uns d'entre eux, puisque le zinc, par exemple, se laisse très bien étirer à la filière, à une température voisine du point d'ébullition de l'eau, et que j'ai obtenu une fois accidentellement du bismuth très pur et très ductile par une sorte de liquation, en opérant la sulfuration partielle d'une masse de ce métal; si même ma mémoire ne me trompe pas. M. Chaudet serait parvenu au même résultat en suivant une autre marche.

» Il était évident encore qu'il fallait éviter, dans ces opérations, les interpositions des poussières étrangères au métal à souder, parce qu'elles s'opposent au rapprochement de ses molécules; par conséquent aussi il fallait éviter dans l'opération la formation des oxides qui jouent le même rôle que les autres poussières. Le fer, par exemple, se soude à lui-même parce qu'il est capable de supporter, sans se fondre, une forte chaleur blanche qui permet d'obtenir la fusion de l'oxide des batitures que les coups de marteau font jaillir hors des surfaces mises en contact; c'est encore par la raison contraire que le même fer simplement étiré au laminoir et conservant une partie de son oxide dans l'intérieur de ses pores, n'offre souvent autre chose qu'un paquet de fibres sans union intime et entre lesquelles la loupe fait reconnaître une poussière grisâtre qui n'est que l'oxide interposé dont la présence détruit la cohésion de l'ensemble.

» Ceci posé, j'opérai d'abord sur de l'argent pulvérulent réduit du chlorure par l'acide sulfurique et le zinc. Cette poudre, tassée dans un creuset, fut soumise à un simple recuit qui en rapprocha les molécules suffisamment pour qu'elles pussent supporter sans gerçures de très légers coups de

marteau. Cette première précaution prise, je chauffai de nouveau, puis je soumis la masse à un nouveau martelage et ainsi de suite, en sorte qu'au bout de quelques opérations j'obtins une barre parfaitement tenace, ductile et homogène, que je laminai et dont je fis fabriquer par la méthode du *repoussé*, un vase dont le poli mit en évidence la parfaite homogénéité. Ce traitement est, comme on le voit, la répétition exacte de celui qui a été suivi pour le platine.

» J'essayai ensuite l'or obtenu en poudre par l'inquartation et le départ à l'eau forte; les résultats furent absolument les mêmes que pour l'argent.

» Le cuivre devait se comporter d'une manière identique si je parvenais à m'opposer à la formation de l'oxide, et je tentai l'expérience sur la poudre métallique provenant de la réduction du peroxide par un courant de gaz hydrogène. Cependant j'éprouvai de grandes difficultés, à cause de la facilité avec laquelle il se forme des traces d'oxidule, même en opérant sous le charbon. La méthode qui m'a le mieux réussi est la suivante. Je choisis dans le tube qui a servi à la réduction, un grumeau à peine cohérent de la grosseur d'une noisette; je l'imbibe d'huile et chauffe rapidement au rouge, à l'aidedu feu réductif du chalumeau, puis je martelle avec les plus grandes précautions; j'imbibe de nouveau d'huile, et ainsi de suite, en sorte que finalement il me reste, après un déchet notable, un petit prisme de cuivre rouge ductile que je peux ensuite forger et laminer comme l'or et l'argent.

» Il est évident que l'oxide de nikel, qui se réduit par le moindre contact des vapeurs charbonneuses, et que la flamme réductive du chalumeau précipite instantanément sous forme de poudre métallique, même au milieu du borax, se comporterait comme les métaux précédents et qu'il serait possible d'obtenir ainsi des lames de ce métal jusqu'à présent si réfractaire.

» Quoi qu'il en soit, la réussite si facile de mes tentatives sur l'or et l'argent me fit concevoir la possibilité d'obtenir un damassé de ces deux métaux, damassé qu'il est impossible de produire par la fusion. Pour cela je disposai alternativement dans un creuset, des couches de poudre d'argent et d'or, et l'opération me réussit à souhait, en suivant la même marche que pour les métaux pris isolément; mais la méthode imparfaite que je viens de décrire est naturellement susceptible de grands perfectionnements. On pourrait, par exemple, par le secours de la presse hydraulique, former une plaque de poudre d'argent suffisamment agglomérée pour se soutenir par elle-même. Cette plaque serait découpée à l'aide d'un emporte-pièce et l'on remplirait les vides avec de la poudre d'or aussi agglomérée. Il en ré-

sulterait une sorte de marqueterie que l'on condenserait par le recuit, puis par le martelage, et ainsi de suite, jusqu'à ce que la masse eût acquis la densité et la cohésion métalliques. On conçoit qu'il serait très essentiel dans cette préparation de tenir compte de la contractilité des métaux; autrement il y aurait des solutions de continuité et par suite des déchirures. Cependant il ne faut pas trop s'effrayer de quelques légères gerçures qui pourraient se manifester au début de l'opération, car l'expérience m'a appris qu'elles finissent par disparaître sous l'effet du marteau et du rapprochement moléculaire. Il serait possible d'obtenir ainsi des caractères, des devises, des marbrures, en un mot des dessins quelconques d'or incrustés ou damassés dans une plaque d'argent, et réciproquement. Il serait possible encore de superposer l'or à l'argent et de fabriquer directement par ce procédé un doré aussi épais que l'on voudrait et plus solide que le vermeil ou le simple plaqué.

» Le damassé serait encore susceptible d'être varié en polissant la surface or et argent, ou bien en donnant le mat soit à l'argent seulement par les eaux fortes, soit à l'or en passant sur sa surface du mercure que l'on vaporiserait ensuite. On pourrait encore modifier les résultats et produire des colorations en *niellant* l'argent; cette opération m'a très bien réussi, en enduisant la surface d'une lame d'argent avec de l'hydrosulfate d'ammoniaque et en exposant le tout dans une moufle au degré de chaleur strictement nécessaire pour effectuer la combinaison du soufre et de l'argent; après quoi il faut retirer du feu, car autrement les inégales dilatations du sulfure et du métal détermineraient un décapage qui s'annonce par la décrépitation du sulfure. La masse ainsi sulfurée est d'abord terne et noire, mais le laminage que permet la ductibilité du sulfure d'argent en rapproche ensuite suffisamment les molécules pour que son éclat métallique et sa couleur bleue d'acier soient mis en évidence.

» Je dois ajouter encore que, pour obtenir des effets agréables, il faut éviter de mettre l'or en trop petites masses dans l'argent, car dans ce cas il se forme un alliage des deux métaux identique à l'or anglais, qui, à cause de sa pâleur, ressort peu vivement sur la lame d'argent.

» Par la même raison il faut se garder de pousser le laminage trop loin, autrement les parties d'or et d'argent qui sont alliées au contact s'étirent fortement et forment une zone intermédiaire plus ou moins large, dont la nuance est peu agréable. Cependant, en prenant les précautions convenables, on peut encore mettre à profit cette propriété que possèdent les deux métaux de s'allier sans fusion; car, en passant ensuite les lames damassées à

l'eau seconde, on obtient une première série de zones ou de marbrures mates provenant de l'argent pur, puis une seconde série de veines blanches ou d'un jaune pâle, lesquelles, formées par l'alliage d'or et d'argent inattaquable, demeurent polies; et enfin, au milieu, règnent les bandes jaunes éclatantes qui sont de l'or pur. Je dois du reste me contenter d'avoir donné ces indications bien suffisantes pour mettre nos artistes sur la voie du perfectionnement, s'ils jugent que la découverte que je livre à la publicité soit susceptible de quelque emploi. »

PHYSIQUE. — *Sur les forces comparatives de différents éléments voltaïques; par* M. **Jacobi**.

(Communiqué par M. Démidoff.)

« Je prends la liberté de communiquer à l'Académie des Sciences la Note suivante, concernant la comparaison de la force de deux différents couples voltaïques à cloisons: l'un cuivre-zinc, chargé de sulfate de cuivre et d'acide sulfurique étendu de 6 parties en volume d'eau; l'autre platine-zinc, et chargé, d'après l'avis de M. Grove, d'acide nitrique concentré et du même acide sulfurique étendu. Le premier couple, cuivre-zinc, avait 36 pieds carrés de surface; le couple platine-zinc n'en avait que 2,5. Pour mesurer la force du courant, je me suis servi de la balance électro-magnétique de M. Becquerel. Cet instrument est précieux pour des mesures exactes, pourvu qu'on dispose les hélices de manière à pouvoir remplir les conditions d'équilibre stable qui nécessairement doivent exister dans une balance. On y parvient en ne faisant agir que la répulsion entre les barres magnétiques et les hélices. A cet effet l'une des hélices doit être fixée en-dessous, l'autre en-dessus desdites barres. Cette dernière hélice est traversée par la tige par laquelle la barre est suspendue au fléau de la balance; encore faut-il qu'une correction soit adaptée aux valeurs mesurées par la balance. Cette correction, dont d'autres travaux synchroniques m'ont démontré la nécessité, est comme le carré de la force du courant. En effet, soit k' le courant actuel, k le courant mesuré par la balance, nous avons l'équation

$$k = k' - yk'^2,$$

d'où l'on déduit

$$k' = \frac{1}{2y}(1 - \sqrt{1 - 4ky}).$$

Pour ma balance j'ai trouvé, par une série d'observations, $y = 0,00004228$. (*Bulletin scientifique de l'Académie impériale des Sciences*, t. V, p. 375.)

» Le tableau suivant contient les expériences faites avec les combinaisons voltaïques en question. La première colonne contient les résistances L des hélices qui servent de fil conjonctif, résistance qu'on avait trouvée par d'autres expériences; les deux dernières contiennent la force des courants effectifs ou des courants mesurés en grammes et corrigés d'après la formule indiquée plus haut.

L.	FORCE DU COUPLE cuivre-zinc.	FORCE DU COUPLE platine-zinc.
135,3	$0^{gr},380$	$0^{gr},395$
23,1	$0^{gr},097$	$0^{gr},135$

» Soient A, A′ les fonctions électro-motrices, λ, λ' les résistances du couple même, on aura, d'après la formule de M. Ohm, les quatre équations suivantes :

$$\frac{A}{\lambda + 23,1} = 380,$$
$$\frac{A}{\lambda + 135,3} = 97;$$
$$\frac{A'}{\lambda' + 23,1} = 395,$$
$$\frac{A'}{\lambda' + 135,3} = 135;$$

d'où l'on tire

$$A = 14610, \quad \lambda = 15,35, \quad A' = 23000, \quad \lambda' = 35,$$

ou, prenant λ' pour l'unité de surface qui est ici de 36 pieds carrés,

$$\lambda' = \frac{35 \times 2,5}{36} = 2,4.$$

» Soit s la surface totale d'une pile, z le nombre des couples, C la force du courant, α une résistance quelconque; on a

$$C = \frac{zAs}{z^2\lambda + \alpha s}.$$

De cette équation il se déduit qu'on obtient le maximum de force si la pile est arrangée de manière que $\frac{z^2\lambda}{s} = L$, c'est-à-dire que la résistance totale de la pile soit égale à la résistance du conducteur de nature quelconque qui entre dans le circuit et qui est étrangère à la pile. Comme, pour d'autres arrangements que ceux qui correspondent au maximum d'effet, il n'y a pas de relation constante entre différentes combinaisons voltaïques, on peut seulement les comparer et juger de leur préférence relative en se rapportant à ce maximum d'action. Or l'on a, en éliminant z, les équations

$$C(ma\alpha) = \frac{A\sqrt{s}}{2\sqrt{\lambda\alpha}} = \frac{A'\sqrt{s'}}{2\sqrt{\lambda'\alpha}},$$

d'où l'on tire, en substituant les valeurs numériques trouvées plus haut pour A, A', λ, λ',

$$s' = s.0{,}06,$$

et par rapport au nombre des couples,

$$z' = z.0{,}6;$$

c'est-à-dire, *il ne faut qu'une pile de* 6 *pieds carrés de platine pour remplacer une pile de* 100 *pieds carrés de cuivre,* ou, par rapport au nombre des couples : 6 *couples chacun de* 1 *pied carré de surface de platine, produiront le même effet que* 10 *couples de cuivre dont chacun offre une surface de* 10 *pieds carrés.*

» Cette supériorité éminente du platine s'est vérifiée par beaucoup d'expériences en grand. »

MÉTÉOROLOGIE. — *Observations relatives aux etoiles filantes*; *par* M. WARTMANN.

« Le ciel ayant été couvert à Genève les nuits du 11 au 14 novembre 1840, nous n'avons pu faire aucune observation d'étoiles filantes; par contre, la nuit du 10 au 11 août de cette même année, un ciel pur nous a permis d'enregistrer en 6 heures $\frac{3}{4}$ d'observation, de 9 heures $\frac{1}{4}$ du soir à 4 heures du matin, temps moyen, 222 étoiles filantes. Nous étions six observateurs; mais, à cause du grand clair deLune (car cet astre était dans

le 13e jour de sa phase), nous n'avons exploré que la moitié du ciel, soit les 180° passant par l'est, le nord et l'ouest, laissant à dessein la Lune derrière nous. Parmi ces 222 étoiles filantes, il s'en est trouvé 1 aussi brillante que Vénus, 4 ayant l'éclat de Jupiter, 41 brillant comme les étoiles de première grandeur, 30 comme celles de seconde, 42 comme celles de troisième, 59 comme celles de quatrième, 27 comme celles de cinquième et 18 comme celles de sixième; en général les plus apparentes étaient toujours accompagnées d'une traînée lumineuse. Les trajectoires ont varié dans leur longueur, leur direction, leur durée; cependant celles qui se dirigeaient de l'est à l'ouest et du nord-est au sud-ouest, ont été les plus nombreuses; les points d'apparition et de disparition ont été aussi très divers : pas un météore n'a eu un mouvement ascendant, tous se sont effacés en l'air, sans bruit et sans parvenir jusqu'à terre. Mais une chose qui a fixé notre attention, et qui n'avait pas encore été remarquée jusqu'ici, c'est que dans le nombre des météores observés, il s'en est trouvé *quatre* qui ont affecté un mouvement demi-circulaire, c'est-à-dire qu'au lieu de se projeter sur le ciel en ligne droite ou peu sensiblement arquée, comme c'est ordinairement le cas, *ils ont décrit* un véritable *demi-cercle*.

» La nuit du 21 au 22 septembre de cette même année, les étoiles filantes ont été ici très nombreuses et très brillantes; le ciel était clair, sans Lune, et l'air calme et sensiblement humide. En 3 heures d'observation, de 7 heures à 10 heures, mon fils et moi nous en avons compté 106 dans tout le ciel, ce qui donne une moyenne de 35 par heure, nombre qui surpasse de beaucoup les apparitions ordinaires. Elles se sont principalement projetées devant la grande Ourse, Céphée, le Dragon, Pégase, Andromède, la Lyre, l'Aigle, le Cygne, le Verseau. Quatre de ces étoiles filantes ont eu l'éclat de Vénus, 11 celui de Jupiter, 42 ont brillé comme les étoiles de première grandeur, 18 comme celles de deuxième, 9 comme celles de troisième, 15 comme celles de quatrième et 7 comme celles de cinquième. Parmi les plus brillantes il y en a eu de teintes bleue, verte, blanche; presque toutes ont été accompagnées d'une traînée lumineuse, pas une n'a paru s'abaisser jusqu'à terre, toutes se sont effacées en l'air sans décrépitation et sans bruit.

» Cette manifestation *inattendue* d'étoiles filantes est remarquable par sa double coïncidence avec une perturbation de l'aiguille aimantée observée à Bruxelles, à Parme, à Munich, à Prague, et avec une apparition d'aurore boréale observée à Bruxelles, par M. Quetelet, et à Parme, par

M. Colla, qui de plus a vu un grand nombre d'étoiles filantes sillonner le ciel dans la région qu'occupait l'aurore.

» Ne serait-ce point là, Monsieur, une circonstance qui indiquerait que ces aurores boréales et les étoiles filantes proviennent d'une source commune? On sait déjà, d'après les observations faites à Parme, à Milan et à Kœnigsberg, que lors des aurores du 16 décembre 1830, du 18 octobre 1836, du 28 juillet 1837, des 7 mai, 3 septembre et 22 octobre 1839 et des 5 juillet et 19 octobre 1840, il y eut aussi une apparition remarquable d'étoiles filantes, dont plusieurs avaient un brillant éclat; elles se montraient surtout dans les régions voisines de l'aurore, et plusieurs en venaient directement. Il serait donc convenable, ce me semble, de chercher à constater d'une manière positive si l'aiguille magnétique peut être influencée par la cause qui produit les étoiles filantes, comme elle l'est par celle qui donne naissance aux aurores boréales. Si l'on y parvenait une fois, la science aurait fait une nouvelle conquête, qui ne serait pas sans importance.

» Outre les retours annuels des météores lumineux connus sous le nom d'*étoiles filantes*, il semble qu'un phénomène d'un autre genre doive maintenant prendre place parmi ceux qui ont des apparitions périodiques: je veux parler des aurores boréales. En effet, en consultant le *Catalogue des principales apparitions d'étoiles filantes*, publié par M. Quetelet, en 1839, à la suite duquel se trouve une liste des principales aurores boréales observées depuis le commencement de ce siècle, on voit, de même que dans les *Annuaires astronomiques* de M. Colla, de Parme, qu'à partir seulement de l'année 1827 jusqu'à l'année 1840, le phénomène s'est périodiquement reproduit *quatorze fois* du 12 au 22 octobre, savoir: en 1827 le 16, le 17, le 18 et le 19; en 1828 le 15; en 1829 le 17; en 1830 le 16 et le 17; en 1833 le 12 et le 13; en 1836 le 18; en 1837 le 18; en 1839 le 22 et en 1840 le 19.

» Serait-il possible que ces retours si remarquables eussent été ramenés par une cause purement fortuite? »

M. Arago met sous les yeux de l'Académie un nouveau *microscope simple* que M. Lerebours vient d'importer d'Angleterre, où il est connu sous le nom de microscope Stanhope: c'est une modification d'une loupe déjà employée. La différence consiste en ce que les deux courbures sont calculées de manière que les objets appliqués sur une face vont se peindre au foyer de l'autre. Il en résulte qu'en appliquant sur la première face

un objet qui peut être observé par transparence, on est sûr de l'avoir toujours au point de vision distincte; tandis que dans l'instrument si connu de Wollaston, l'objet devant être maintenu un peu au-delà de la première surface, la moindre vacillation dans la main qui tient cet objet rend l'image confuse.

PHYSIQUE APPLIQUÉE. — *Nouvelles applications des procédés galvano-plastiques. — Modification apportée au son d'un diapason en vibration quand on l'approche d'une flamme.* — Lettre de M. PERROT à M. *Arago* (1).

« Je viens d'apprendre, par un journal, que M. Sorel a annoncé à l'Académie des Sciences être parvenu, avec un appareil à courant constant, à fixer à froid sur le fer une couche plus ou moins épaisse et très adhérente de zinc, et qu'il a obtenu par ce moyen la fixation de plusieurs autres métaux les uns sur les autres.

» J'ai en conséquence cru devoir envoyer immédiatement à l'Institut, pour y rester en dépôt, quelques objets rassemblés à la hâte, qui me restent des essais que je fais depuis plus d'une année sur les précipitations métalliques.

» Parmi les objets contenus dans la boîte que j'ai adressée, il y a quelques essais d'un procédé d'incrustations métalliques que je suppose nouveau, et susceptible de recevoir quelques applications industrielles. J'obtiens ces incrustations à l'aide de courants galvaniques, en précipitant un métal d'une couleur, dans les parties rongées, d'après une méthode analogue à celle de la gravure à l'eau forte, d'une pièce métallique d'une autre couleur.

» Ainsi qu'il était facile de le prévoir, les incrustations ont toute la perfection de la gravure qui leur sert de moule, et l'imperfection des incrustations que j'ai eu l'honneur de vous adresser ne tient qu'à celle des nouvelles méthodes galvaniques que j'ai voulu essayer pour la gravure.

» Pour ne pas abuser plus long-temps de votre bienveillance, je ne vous parlerai pas d'un nouveau procédé pour la dorure sur fer, acier, argent, plomb, étain, etc.

» Comme il s'agissait pour moi de prouver des travaux faits depuis longtemps, j'ai pensé que l'on me pardonnerait d'envoyer, dans l'état de détérioration où ils étaient, les objets que j'ai retrouvés dans le premier

(1) Cette Lettre est en date du 20 décembre.

moment. Si d'ailleurs la chose en valait la peine, je pourrais, pour prouver l'origine ancienne des résultats que j'ai obtenus, en appeler aux souvenirs de M. Pelouze, de M. Girardin, de M. Darnis, de M. Prusier, et de bien d'autres personnes.

» Il y a long-temps que j'ai observé que la résonnance d'un diapason à fourchette en vibration est de beaucoup augmentée lorsque ce diapason est mis en contact avec la flamme d'une bougie, d'une lampe, etc. Cette expérience est si simple, que l'observation ne doit pas être nouvelle. »

M. **Miergues** adresse une Note sur l'emploi économique que l'on peut faire des *lignites* d'Anduze.

M. **Savaresse** écrit relativement à deux cas d'*hydrophobie* qui se sont présentés, à une année d'intervalle, chez des chiens qui buvaient habituellement de l'eau contenant une notable proportion de sulfure de phosphore. M. Savaresse pense que l'action du phosphore sur les organes génitaux, à une époque où les chiens pouvaient être en chaleur, n'est peut-être pas étrangère au développement de la maladie.

M. **Vallot** écrit que des *crevettes* d'eau douce qu'il avait laissées exposées dans un vase plein d'eau à une température de —7°,5 cent., et qui ainsi furent pendant toute une nuit prises dans une masse solide de glace, recommencèrent à se mouvoir aussitôt que l'eau fut dégelée, et parurent n'avoir pas souffert de cet emprisonnement.

MM. **Flandin** et **Danger** adressent un paquet cacheté portant pour suscription : *Recherches médico-légales sur l'arsenic.* L'Académie en accepte le dépôt.

La séance est levée à 5 heures. A.

ERRATA.

(Séance du 30 novembre.)

Page 885, ligne 31, *au lieu de* de leurs branchies desséchantes contre l'action de l'air, *lisez* de leurs branchies, contre l'action desséchante de l'air

Page 886, ligne 4, *au lieu de* les lames branchiales déployées, *lisez* les lames branchiales développées

Page 887, ligne 9, *au lieu de* l'appareil, *lisez* l'appareil branchial

Ibid., ligne 14, *supprimez* le mot *Lygies*.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

L'Académie a reçu dans cette séance les ouvrages dont voici les titres :

Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie royale des Sciences; 2e semestre 1840, n° 25, in-4°.

Annales de Chimie et de Physique; par MM. GAY-LUSSAC, ARAGO, CHEVREUL, SAVARY, DUMAS, PELOUZE, BOUSSINGAULT et REGNAULT; novembre 1840; in-8°.

Exercices d'Analyse et de Physique mathématique; par M. A. CAUCHY, 11e liv. in-4°.

Recherches sur le véritable poids atomique du Carbone; par MM. DUMAS et STAS. (Extrait des *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, n° 25.) In-4°.

Étude nouvelle des phénomènes généraux de la Vie; par M. GABILLOT; Lyon, 1840, in-8°.

Mémoire sur la présence de l'Arsenic dans le sang et sur les précautions à prendre et les dangers à éviter dans une expertise médico-légale relative à l'empoisonnement par l'arsenic; par M. le Dr VANDEN-BROECK. (Extrait de la *Revue scientifique* de M. QUÉNESVILLE.) In-8°.

Bulletin de l'Académie royale de Médecine; tome 6, décembre 1840, in-8°.

Bulletin général de Thérapeutique médicale et chirurgicale; 12e livraison, tome 19, in-8°.

Revue critique des Livres nouveaux; 8e année, n° 12, in-8°.

L'Instituteur, journal des Écoles primaires; 8e année, n° 10, in-8°.

Journal des Connaissances médicales pratiques et de Pharmacologie; 8e année, décembre 1840, in-8°.

Paléontologie française; par M. D'ORBIGNY; 10e liv., in-8°.

Revue zoologique; novembre 1840, in-8°.

*Notice sur l'*Eurypterus *de Podolie et le* Chirotherium *de Livonie; par* M. FISCHER DE WALDHEIM; Moscou, 1840, in-8°.

Huitième Notice sur les Plantes rares cultivées dans le jardin de Genève; par MM. PYR et A. DE CANDOLLE; in 4°.

Mémoire sur la Diathermansie électrique des Couples métalliques; par M. le professeur WARTMANN; Genève, in-4°.

On the expansion.... *Sur l'expansion des Arches; par* M. G. RENNIE; brochure in-4°.

Gazette médicale de Paris; n° 52, et Table de 1840, in-4°.

Gazette des Hôpitaux; n°s 151, in-fol.

La France industrielle; 24 décembre 1840.

L'Expérience, journal; n° 182.

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

TABLES ALPHABÉTIQUES.

JUILLET — DÉCEMBRE 1840.

TABLE DES MATIÈRES DU TOME XI.

A

B

D

E

F

G

L

M

N

O

P

Q

R

S

T

U

V

W

Y

Z

TABLE DES AUTEURS.

A

B

C

D

E

F

G

H

I

J

M

N

O

P

Q

R

S

T

V

Errata. (Tome X.)

Page 869, ligne 8, a lieu du N. N. O. un peu N. au S. S. E. un peu S., *lisez* a lieu du N. N. O. un peu N. O. (ou O.) au S. S. E. un peu S. E. (ou E.).

Errata. (Tome XI.)

23, 11, qui communique indirectement avec la mer, *lisez* qui évacue ses eaux

Ibid., 12, dans l'étang de Rassuen, *lisez* dans l'étang d'Engrenier

Ibid., 23, 200 mètres, *lisez* 900 mètres

123, 23, *ajoutez :* M. Biot présente, de la part de M. Talbot, plusieurs dessins photographiques sur papier.

236, 21, fonction, *lisez* fraction

Ibid., *ib.*, de combustible, *lisez* du combustible

Ibid., 31, flottante, *lisez* frottante

345, à la fin de la Note de M. Domeyko, *ajoutez* les noms des Commissaires, MM. Berthier, Élie de Beaumont.

381, 17, $= z$, lisez $= x$

Ibid., 18, $= -w$, lisez $= -u$

385, 7, $\frac{w}{\varpi}$, lisez $\frac{w}{\varpi}$

441, 5, (8), *lisez* (9), *et* (9) *lisez* (8).

442, 11, $[\varpi, K] = 0$, *lisez* $[\varpi, K] = 1$

447, 3, Thenard, Dumas, Pelouze, *lisez* Magendie, Double, Pelouze.

449, 6, Millet, *lisez* Millot

460, 13, $p + p'$, *lisez* $p + p' + \Phi$

Ibid., 14, ν, *lisez* $\nu \sin \Phi$, $\nu \cos \Phi$

Ibid., 15, $\cos\iota \cos\iota'$, *lisez* $\frac{1}{2}(\cos\iota + \cos\iota')$

Ibid., 17, ν, *lisez* $\nu \cos \Phi$

Ibid., *ibid.*, *ajoutez :* $\nu \sin \Phi = \frac{\cos\iota' - \cos\iota}{2} \sin(\phi' - \phi)$. Donc, si l'on nomme I l'inclinaison mutuelle des deux orbites, on aura

$$\mu = \cos^2 \frac{I}{2}, \quad \nu = \sin^2 \frac{I}{2}$$

467, 17, *lisez* $\begin{cases} P_{1,1} = \frac{1}{2} \nu e^{\Phi\sqrt{-1}}, & P_{-1,-1} = \frac{1}{2} \nu e^{-\Phi\sqrt{-1}}, \\ P_{-1,1} = \frac{1}{2} \mu e^{\Pi\sqrt{-1}}, & P_{1,-1} = \frac{1}{2} \mu e^{-\Pi\sqrt{-1}}. \end{cases}$

467 et 468, $p' + p$, *lisez* $p' + p + \Phi$

469, 3, $e^{\frac{1}{2}(h'-h)\Pi\sqrt{-1}}$, *lisez* $e^{\frac{1}{2}(h'+h)\Phi\sqrt{-1}} e^{\frac{1}{2}(h'-h)\Pi\sqrt{-1}}$

Page 470, lignes 15 et 17, ρ^l, *lisez* $(-2\rho)^l$

Ibid., 22, $2^{-\frac{1}{2}}$, *lisez* $2^{-l-\frac{1}{2}}(-1)^l$

471, 8, $2^{-\frac{1}{2}}$, *lisez* $2^{-l-\frac{1}{2}}(-1)^l$

473, 20, $1+h$, $1-h$, *lisez* $i+h$, $i-h$

475, 22, $\mathfrak{N}_{\frac{1}{2}i,\,0,\,2}$, *lisez* $\mathfrak{N}_{\frac{1}{2}i,\,0,\,k}$

Ibid., *id.*, $(-1)^{\frac{i+k}{2}}(k)_{\frac{i+k}{2}}$, *lisez* $(-1)^{\frac{2k+i}{4}}(k)_{\frac{2k-i}{4}}$

502, 16, R, *lisez* R =

504, 9, *lisez* $\left\{+\frac{m'}{2}\mu\left\{\begin{array}{l} q_{\prime}q'_{-1}e^{(\varpi'-\varpi+\Pi)\sqrt{-1}} \\ +q_{-1}q'_{\prime}e^{-(\varpi'-\varpi+\Pi\sqrt{-1}}\end{array}\right.\right\}$

587, 21, $s_{\prime}$, *lisez* $\bar{s}_{\prime}$

588, 11, $\tau_{\prime}$, *lisez* $\bar{\tau}_{\prime}$

592, 14, $[s_{\prime}, \mathfrak{K}']$, *lisez* $[s_{\prime}, \mathfrak{K}']'$

598, après le titre du Mémoire de M. Duvernoy, sur le genre Képone, *ajoutez :* (Commissaires, MM. Duméril, Audouin, Milne Edwards.)

636, 7, deux mesures consécutives d'un même travail, *lisez* deux mesures consécutives d'un même cristal

678, Mémoire de M. *Melloni*, après le titre, *supprimez ces mots :* Commission précédemment nommée. Les Mémoires des Correspondants ne sont renvoyés à des Commissaires que sur la demande de leurs auteurs, et M. Melloni n'en avait pas demandé.

696, 14, après le titre du Mémoire de M. Le Verrier, *ajoutez :* (Commissaires, MM. Bouvard, Cauchy, Liouville.)

698, 29, *ajoutez :* M. Sturm est chargé de rendre un compte verbal de l'ouvrage de P. Badano, *sur la résolution générale des équations numériques.*

732, 18, $\mathfrak{P}\mathfrak{D}x + \mathfrak{Q}Dy$, *lisez* $\mathfrak{P}D_x + \mathfrak{Q}D_y$

735, 18, $D_{\prime}$, *lisez* D_t

737, 8, $\frac{1}{\mathfrak{D}\delta}$, *lisez* $\frac{1}{\alpha\delta}$

768, 7, le 28 octobre, *lisez* le 27 octobre

Ibid., 13, déclinaison 61° 38′ 32″, *lisez* déclinaison boréale 60° 38′ 32″.

816, 23, M. Pelletier, *lisez* M. Peltier.

798, ligne 7, 9994', *lisez* 994'

Ibid., ligne 19, 0,76923, *lisez* 0,076923

867, 1re col., ligne 4, 1,3362, *lisez* 1,3662

Ibid., ligne 13, 1,5639, *lisez* 1,3639

Ibid., ligne 20, 1,3701, *lisez* 1,3670

Ibid., 2e col., ligne 2, 1,5175, *lisez* 1,507

Page 867, 2ᵉ col., ligne 5, 1,471, *lisez* 1,501
Ibid., ligne 7, 1,4814, *lisez* 1,509
Ibid., ligne 8, 1,4722, *lisez* 1,500
820, lignes 10 et 14, MANDEUX, *lisez* MONDEUX.
836, ligne 2, f(*a*, *b*), *lisez* f(*a*, *b*, *x*)
885, 31, de leurs branchies desséchantes contre l'air, *lisez* de leurs branchies, contre l'action desséchante de l'air
886, 4, les lames branchiales déployées, *lisez* les lames branchiales développées
887, 9, l'appareil, *lisez* l'appareil branchial
Ibid., 14, *supprimez* le mot *Lygies*
903, ligne dernière, $1 + 3 + 3^2$, *lisez* $\overline{1+3} + 3^2$
904, ligne 27, $2\overline{5}$ par 35, *lisez* 25 par $3\overline{5}$
906, lignes 25 et 27, ALPHEN, *lisez* HALPHEN
963, ligne 19, on a placé, *lisez* on a tracé
964, 2, à la même hauteur, *lisez* à la même température
965, 2, Extrémité opposée................ { $d = 0^{mm},115$; $D = 0,1145$ }
lisez Extrémité opposée......... { $d = 0^{mm},1125$; $D = 0,1145$ }
966, 2, le temps, *lisez* les temps
1041 *Placez, en tête de la page, le titre* MÉMOIRES PRÉSENTÉS